



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ATIK KAĞITLAR ÜZERİNDE BAZI FONKSİYONEL KİMYASAL
DENEMELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur Can USTA

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2023

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ATIK KAĞITLAR ÜZERİNDE BAZI FONKSİYONEL KİMYASAL
DENEMELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uğur Can USTA
(21434967013)**

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Arif KARADEMİR

OCAK 2023

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21434967013 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Uğur Can USTA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “FARKLI ATIK KAĞITLAR ÜZERİNDE BAZI FONKSİYONEL KİMYASAL DENEMELERİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Arif KARADEMİR**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sami İMAMOĞLU**
Bursa Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cem AYDEMİR
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 18 OCAK 2023



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Uğur Can USTA

İmzası :

X X X X X

ÖNSÖZ

“Farklı atık kağıtlar üzerinde bazı fonksiyonel kimyasal denemeleri” adlı bu yüksek lisans tezi Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği’nde hazırlanmıştır.

Bu çalışmada ilgi ve desteğini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Arif KARADEMİR hocam’a teşekkürlerimi sunarım. Takıldığım noktalarda sorularımı cevaplayan ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Sami İMAMOĞLU hocama teşekkür ederim. Temas açısı ölçümleri ve bazı konularda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Cem AYDEMİR hocama da teşekkür ederim.

Çalışma sürecimde önemli yardımlarını gördüğüm Dr. Öğr. Üyesi Çağatay Taşdemir, Dr. Öğr. Üyesi Mesut UYSAL, Dr. Öğr. Üyesi İnanç TAŞ ve bölüm hocalarıma, mesai arkadaşlarıma Arş. Gör. Emrehan ARPACI, Arş. Gör. Şebnem Sevil ARPACI, Arş. Gör. Naile ANGIN ve Arş. Gör. Doğan MEMİŞ’e teşekkür ederim.

Yoğun geçen laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen Onur AYKANAT, Melih ELEMEN ve Merve GENÇ’e teşekkür ederim.

Ocak 2023

Uğur Can USTA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kağıt ve Kağıtçılığın Tarihçesi	1
1.1.1 Dünya’da kağıtçılığın tarihçesi	1
1.1.2 Türkiye’de kağıtçılığın tarihçesi	3
1.2 Kağıt Nedir?	4
1.2.1 Hammadde	6
1.2.2 Yardımcı maddeler.....	10
1.2.2.1 Dolgu Maddeleri	10
1.2.2.2 Boyar maddeler	12
1.2.2.3 Kimyasallar	13
1.2.3 Su ve önemi.....	19
1.3 Kağıt Üretiminde Yapıştırma İşlemleri	20
1.3.1 İç yapıştırma işlemi	21
1.3.2 Yüzey yapıştırma işlemi.....	23
1.4 Kağıt Üretiminde Tutunma Sistemleri	24
1.4.1 Mekanik tutunma sistemleri.....	24
1.4.2 Kimyasal tutunma sistemleri.....	25
1.5 Kağıt Üretim Yöntemleri	26
1.5.1 Mekanik hamur üretim yöntemi.....	26
1.5.2 Kimyasal hamur üretim yöntemi.....	28
1.5.3 Yarı kimyasal hamur üretim yöntemi	29
1.6 Türkiye’de Kağıt Endüstrisinin Hammadde Problemi	29
1.7 Atık Kağıt Nedir?	30
1.7.1 Potansiyel atık kağıtlar	30
1.8 Geri Dönüşüm	31
1.8.1 Geri dönüşüm işlemleri	31
1.9 Literatür Araştırması	34
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	36
2.1 Materyal	36
2.1.1 Kullanılan atık kağıtlar.....	36
2.1.2 Kullanılan kimyasallar	36
2.2 Yöntem	39

2.2.1 El kağıdı üretimleri	39
2.2.1.1 Kesafet hesabı	40
2.2.1.2 Schopper Riegler tayini.....	40
2.2.1.3 Hidrojen potansiyeli ölçümü.....	41
2.2.1.4 Zeta potansiyeli ve iletkenlik ölçümü	42
2.2.1.5 El kağıdı yapımı	43
2.2.2 Kağıda yapılan testler.....	44
2.2.2.1 Cobb testi	44
2.2.2.2 Patlama testi	44
2.2.2.3 Çekme direnci testi.....	45
2.2.2.4 Renk ölçümü	47
2.2.2.5 Yüzey düzgünlüğü testi.....	48
2.2.2.6 Hava geçirgenliği testi	49
2.2.2.7 Kül tayini.....	49
2.2.2.8 Kalınlık ölçümü.....	50
2.2.2.9 Temas açısı testi	50
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	52
3.1 Schopper Riegler	52
3.2 Hidrojen Potansiyeli	53
3.3 Zeta Potansiyeli ve İletkenlik	53
3.4 Cobb	54
3.5 Patlama	56
3.6 Çekme.....	58
3.6.1 Çekme direnci	58
3.6.2 Çekme indisi	60
3.6.3 Kopma uzunluğu	61
3.6.4 Yüzde (%) uzama.....	63
3.7 Renk Ölçümü.....	65
3.8 Yüzey Düzgünlüğü.....	66
3.9 Hava Geçirgenliği	67
3.10 Kül Tayini	69
3.10.1 525°C’de gerçekleştirilen kül.....	69
3.10.2 900°C’de gerçekleştirilen kül.....	70
3.11 Yoğunluk	72
3.12 Temas Açısı	73
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

AKD	: Alkil Keten Dimer
PAM	: Poliakrilamid
ASTM	: American Society for Testing and Materials
TAPPI	: The Technical Association of the Pulp and Paper Industry
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
PAC	: Poli Alüminyum Klorür
PEI	: Polietilenimin
PEO	: Polietilen Oksit
CIE	: Commission International de L'Eclairage
SFE	: Surface Free Energy
KİT	: Kamu İktisadi Teşebbüsü
pH	: Hidrojen Potansiyeli

SEMBOLLER

%	: Yüzde
g	: Gram
KPa	: Kilopaskal
m²	: Metrekare
cPs	: Centipoise
kg	: Kilogram
ml	: Mililitre
cm³	: Santimetre küp
mPa	: Megapascal
π	: Pi sayısı
r	: Yarıçap
W	: Gramaj
mm	: Milimetre
A	: Alan
kN	: Kilonewton
m	: Metre
cm	: Santimetre
Nm	: Nanometre
μm	: Mikrometre
SR⁰	: Schopper Riegler

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Bazı kağıt türlerinde kullanılan dolgu maddesi türü ve oranları	11
Çizelge 1.2 : Türkiye’de kağıt türlerine göre üretim miktarları (Ton)	29
Çizelge 1.3 : Türkiye’de Kağıt Türlerine göre Tüketim Miktarı (1000 Ton).....	30
Çizelge 2.1 : AKD Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.	37
Çizelge 2.2 : Nişasta Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.	38
Çizelge 2.3 : %8’lik PAM Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	39
Çizelge 2.4 : %20’lik PAM Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	39
Çizelge 2.5 : Renk Uzaklıklarına Ait Değer Tablosu	47
Çizelge 3.1 : Kağıt türlerinin pH değerleri	53
Çizelge 3.2 : Kontrol kağıtları renk değerleri	65
Çizelge 3.3 : Kimyasal katılımlı kağıt türlerinin renk değerleri	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Eşek arısı yuvası, papirüs ve bitkisi	2
Şekil 1.2 : 2016 Yılında Dünyada Kağıt ve Kağıt Ürünleri Üretimi	3
Şekil 1.3 : 2017 Yılında Kişi Başına Düşen Kağıt Tüketimi (kg)	5
Şekil 1.4 : Doğada karbon döngüsü ve odun hammaddesi üretimi	6
Şekil 1.5 : Glukoz birimleri ve glukozun selüloza dönüşümü	6
Şekil 1.6 : Selülozun kimyasal formülü	7
Şekil 1.7 : Lif yönü şekilleri (A) Düzgün lifli, (B) Spiral lifli, (C) Girift lifli	7
Şekil 1.8 : Odunun hücre bileşenleri	8
Şekil 1.9 : Odun iç yapısı	8
Şekil 1.10 : Lif yapısı	9
Şekil 1.11 : Odun lifi mikroskobik yapısı	9
Şekil 1.12 : Liflerde dövme etkisi	10
Şekil 1.13 : Farklı kristal yapılarda ki dolgular	12
Şekil 1.14 : Katyonik bir PAM molekülü	16
Şekil 1.15 : Basit polietilenoksit yapısı	16
Şekil 1.16 : Nişastanın genel moleküler yapısı	17
Şekil 1.17 : Polivinyl-formamide formülü	18
Şekil 1.18 : Polivinyl-amine formülü	18
Şekil 1.19 : Melamin formaldehit formülü	18
Şekil 1.20 : Üre formaldehit formülü	19
Şekil 1.21 : Epoksi fonksiyonel grubu	19
Şekil 1.22 : Su Molekülünün Oluşumu	19
Şekil 1.23 : Selüloz ve Rosin bağlanma mekanizması	21
Şekil 1.24 : Kolofan ve Alüminyum bağlanma mekanizması	21
Şekil 1.25 : AKD'nin selüloz formlarıyla reaksiyonu	22
Şekil 1.26 : Yağ asidi klorürlerinden AKD oluşumu	22
Şekil 1.27 : AKD molekül formülü ve reaksiyon mekanizması	23
Şekil 1.28 : ASA molekül formülü ve reaksiyon mekanizması	23
Şekil 1.29 : Retansiyon formülleri	24
Şekil 1.30 : Elek üzerindeki süspansiyon akım tipleri	25
Şekil 1.31 : Flokülasyon	25
Şekil 1.32 : Koagülasyon	26
Şekil 1.33 : (A) Mekanik taş hamuru (B) Basınçlı mekanik taş hamuru (C) Termomekanik taş hamuru	27
Şekil 1.34 : İki cepli basınçlı liflendirici	28
Şekil 1.35 : Yonga içine çözelti nüfuzunu etkileyen faktörler	28
Şekil 1.36 : Lif açma makinesi (Voith)	32
Şekil 1.37 : a) D şekilli düşük kesafet dikey hamurlaştırıcı b) Yüksek kesafet dikey hamurlaştırıcı c) Düşük kesafet silindirik hamurlaştırıcı	32
Şekil 1.38 : Tek silindirik yatay hamurlaştırıcı	32
Şekil 2.1 : Atık kağıtlar (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe	36
Şekil 2.2 : Alkil keten dimer yapısı ve potansiyel reaksiyonları	37

Şekil 2.3 : Nişastanın genel moleküler yapısı.....	38
Şekil 2.4 : Poliakrilamid (PAM) molekül yapısı	39
Şekil 2.5 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete ve (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait Schopper Riegler tayini.	40
Şekil 2.6 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait pH ölçümleri.	41
Şekil 2.7 : Kolloidal parçacıkların etrafındaki elektriksel çift tabaka	42
Şekil 2.8 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait zeta potansiyel ölçümü.....	42
Şekil 2.9 : Laboratuvar koşullarında yapılan el kağıtları (Soldan sağa sırasıyla; oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtları).	43
Şekil 2.10 : Cobb ölçüm aleti.	44
Şekil 2.11 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarına yapılan patlama testi.	45
Şekil 2.12 : (A) Patlama testi yapılmış kağıtlar (B) Patlama testi cihazı.	45
Şekil 2.13 : Çekme test cihazı.....	46
Şekil 2.14 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından üretilen kağıtlara yapılan çekme testi.....	47
Şekil 2.15 : L*, a* ve b* renk aralıkları için koordinat sistemi.....	47
Şekil 2.16 : Renk Ölçümü.....	48
Şekil 2.17 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından üretilen kağıtlara yüzey düzgünlüğü testi.....	48
Şekil 2.18 : Laboratuvar ortamı hava geçirgenliği testi.....	49
Şekil 2.19 : Kül fırınında kül tayini.	49
Şekil 2.20 : Kalınlık ölçüm aleti kalınlık ölçümü.....	50
Şekil 2.21 : TMI Cep Gonyometresi Model PG-X.....	51
Şekil 3.1 : Atık kağıtların Schopper Riegler Sonuçları.	52
Şekil 3.2 : Oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarının zeta potansiyel ve iletkenlik değerleri.	54
Şekil 3.3 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile Cobb değerlerinde meydana gelen değişimler.....	55
Şekil 3.4 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe kağıdında kimyasalların Cobb değerine etkisi.	56
Şekil 3.5 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile patlama değerlerinde meydana gelen değişimler.....	57
Şekil 3.6 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların patlama değerine etkisi.....	57
Şekil 3.7 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile çekme direnci değerlerinde meydana gelen değişimler.....	59
Şekil 3.8 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların çekme direnci değerine etkisi.....	59
Şekil 3.9 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile çekme indisi değerlerinde meydana gelen değişimler.	60
Şekil 3.10 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların çekme indisi değerine etkisi.....	61
Şekil 3.11 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile kopma uzunluğu değerlerinde meydana gelen değişimler.....	62
Şekil 3.12 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kopma uzunluğu değerine etkisi.	63

Şekil 3.13 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile % uzama değerlerinde meydana gelen değişimler.	64
Şekil 3.14 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların % uzama değerine etkisi.	64
Şekil 3.15 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların yüzey düzgünlüğü değerine etkisi.	67
Şekil 3.16 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile hava geçirgenliği değerlerinde meydana gelen değişimler. ...	68
Şekil 3.17 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların % uzama değerine etkisi.	68
Şekil 3.18 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile kül değerlerinde meydana gelen değişimler.	69
Şekil 3.19 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kül değerine etkisi.	70
Şekil 3.20 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile kül değerlerinde meydana gelen değişimler.	70
Şekil 3.21 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kül değerine etkisi.	71
Şekil 3.22 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişimler.	72
Şekil 3.23 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların yoğunluk değerine etkisi.	73
Şekil 3.24 : Oluklu (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.	74
Şekil 3.25 : Ofis (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.	74
Şekil 3.26 : Gazete (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.	74
Şekil 3.27 : Kuşe (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.	74
Şekil 3.28 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların temas açısı ve yüzey enerjisi değerine etkisi.	74

FARKLI ATIK KAĞITLAR ÜZERİNE BAZI FONKSİYONEL KİMYASAL DENEMELERİ

ÖZET

Kağıt, selüloz liflerinden üretilen ve geri dönüştürülebilen doğa dostu bir üründür. Bütün endüstriyel üretimlerde geri dönüşüm konusu son derece önemli olduğu için ciddi derecede hammadde sıkıntısı çeken kağıt endüstrisinde de kullanılmış kağıtların en yüksek oranda kazanılması ve en optimum şekilde tekrar kullanıma sunulması hayati öneme sahiptir. Atık kağıtlar içerdikleri lifler, dolgular, kimyasal bileşimler ve üretim sistemlerine göre birbirlerinden çok farklılık göstermektedirler. Bu nedenle atık kağıtların tekrar kazanılması süreçlerinde kaçınılmaz olarak kullanılacak katkı maddeleri ve kimyasallarla ilgili ciddi çalışmalar yapılması zorunluluktur. Atık kağıtlarda her döngüde lif mukavemetleri düşeceği için kesinlikle mukavemet artırıcı kimyasallar kullanılması kaçınılmazdır. Liflerin fiziksel ve mekaniksel zarar görmelerine bağlı olarak üretim sürecinde filtrasyon, formasyon, tutunma gibi işlemler değiştiği gibi nihai ürünlerde de mukavemet, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü gibi özelliklerde değişimler meydana gelir. Atık kağıtlarda renk değerlerini yükseltmek için yapılması gereken mürekkep giderme konusu ise çok daha karmaşık ve detaylı bir işlemler sürecidir.

Hammadde özellikleri daha stabil olan primer liflerden oluşan kağıt hamurlarından kağıt üretim süreci nispeten daha az problem çıkarmaktadır. Ancak zamana ve kaynağın geldiği yere göre içerikleri, oranları son derece karışık ve değişken olan atık kağıtlardan kağıt üreten fabrikalarda süreçler çok daha belirsiz olmaktadır. Kontrol edilemez kopmalar ve fabrika duruşları büyük zararlara yol açmaktadır. Bundan dolayı atık kağıtların geri dönüşümünde daha fazla çeşitte kimyasalın daha hassas şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bu çalışmada oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarından 100 g/m² gramajlarda Rapid Köth Estandart kağıt yapma cihazında çok sayıda el kağıtları üretilmiştir. Çalışmada her birinden ayrı setler olarak AKD, nişasta, %8 ve %20 katı madde içeriği bulunan poliakrilamidler hamura katılarak çok sayıda el kağıtları üretilmiştir. Lif, dolgu, kimyasal içerikleri birbirlerinden farklılık gösteren atık kağıt sınıflarının, kağıtçılıkta kullanılan en yaygın kimyasallarla etkileşimlerindeki değişkenlikler izlenmeye ve anlaşılmaya çalışılmıştır. Çalışmada, spesifik olarak sınıflandırılan atık kağıtlar ile vahşi toplama sonunda fabrikaya gelen karışık atıkların işlenmesinin zorluğu görülmüştür. Karışık kağıtlarda hamur özelliklerinin sabitlenmesi, üretim sürecinin kontrol altına alınması ve son ürün özelliklerindeki değişimlerin en az seviyede tutulmasının zor olduğu tekrar görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Atık kağıt, geri dönüşüm, AKD, temas açısı, tutunma, mukavemet.

SOME FUNCTIONAL CHEMICAL TESTS ON DIFFERENT WASTE PAPER

SUMMARY

Paper is an environmentally friendly product produced from cellulose fibers and can be recycled. Since the recycling issue is extremely important in all industrial productions, it is of vital importance that the used papers are recovered at the highest rate and reused in the most optimum way in the paper industry, which has a serious raw material shortage. Waste papers are very different from each other according to the fibers they contain, fillings, chemical compositions, and production systems. For this reason, it is imperative to carry out serious studies on the additives and chemicals that will inevitably be used in the recycling processes of waste paper. Since the fiber strength will decrease in each cycle in waste papers, it is inevitable to use strength-increasing chemicals. Depending on the physical and mechanical damage of the fibers, processes such as filtration, formation, and adhesion change during the production process, as well as changes in properties such as strength, air permeability, and surface smoothness in the final products. Ink removal, which is required to increase the color values in waste papers, is a much more complex and detailed process.

The paper production process from pulps consisting of primary fibers with more stable raw material properties poses relatively few problems. However, processes are much more uncertain in factories that produce paper from waste papers, whose contents and ratios are extremely complex and variable, depending on time and where the source comes from. Uncontrollable breaks and factory downtimes cause great damage. Therefore, more types of chemicals should be used more sensitively in the recycling of waste paper.

In this study, a large number of hand papers were produced from corrugated, office, newspaper, and coated waste papers in 100 g/m² weights in the Rapid Köth Estand paper-making device. In the study, a large number of hand papers were produced by adding AKD, starch, and polyacrylamides with 8% and 20% solids content to the stock as separate sets. It has been tried to monitor and understand the variations in the interactions of waste paper classes, whose fiber, filler, and chemical contents differ from each other, with the most common chemicals used in papermaking. In the study, it was observed that it is difficult to process specially classified waste paper and mixed waste that comes to the factory at the end of the wild collection. It has been seen again that it is difficult to fix the pulp properties in mixed papers, control the production process, and keep the changes in the final product properties to a minimum.

Keywords: Waste paper, recycling, AKD, contact angle, adhesion, strength.

1. GİRİŞ

1.1 Kağıt ve Kağıtçılığın Tarihçesi

Tarihte ilk insanlar çeşitli araç ve gereçlerle mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişlerdir. Mağara duvarlarına ve taşlar üzerine şekiller çizmeyi bir adım ileriye taşımış, kil tabletlere, ağaç kabuklarına, hayvan derilerine, hayvan kemiklerine ve yumuşak taşlara yazı yazmaya çalışmışlardır. Eşek arılarının kağıda benzeyen yuvaları bazı araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Yuvalarının kağıda benzemesi sebebiyle eşek arıları ilk kağıt yapıcılar olarak kabul görmektedir. Eşek arıları çiğneyerek parçaladıkları odunları vücudunda bulunan bir sıvı yardımıyla top haline getirmektedir. Bu sıvının lifleri yapıştırıcı etkisi vardır. Top haline getirdiği bu hamurumsu odun materyalini yuvalarına getirirler. Böylece yuvalarını oluşturmuş olurlar. Bu odunsu materyal kuruyunca hidrojen bağları oluşur ve kağıt gibi bir yapı oluşur. Salgıladığı sıvının yapışkan özelliği sayesinde de yuvaları su geçirmez olmaktadır (Eroğlu & Usta, 2004).

İnsanoğlunun yazıyı bulmasını takiben yazı yazacak, kayıt yapacak ve mesaj gönderecek bir malzeme arayışı hız kazanmış ve sonunda kağıt icat edilmiştir. Kağıt, genel itibari ile doğudan batıya giden önemli bir buluş olarak bilinir (Karademir, 2008).

1.1.1 Dünya’da kağıtçılığın tarihçesi

Kağıt, ismini Nil nehri kıyısında yetişen Papyrus Antiquorum adında bir kamış türü olan bitkiden almıştır. Papirüs olarak bilinen ve kağıda benzeyen ilk yazı materyali aslında kamış yapraklarının ve dallarının ince şeritler halinde kesilmesi, ezilmesi ve üst üste basınç altında kısmen örülerek yapıştırılması prensibine dayanır (Şekil 1.1). Mısır Krallarının mezar kalıntılarına göre papirüsün, milattan önce 3100-2900’lü yıllarda üretildiği bulgularına rastlanmıştır (Karademir, 2008).

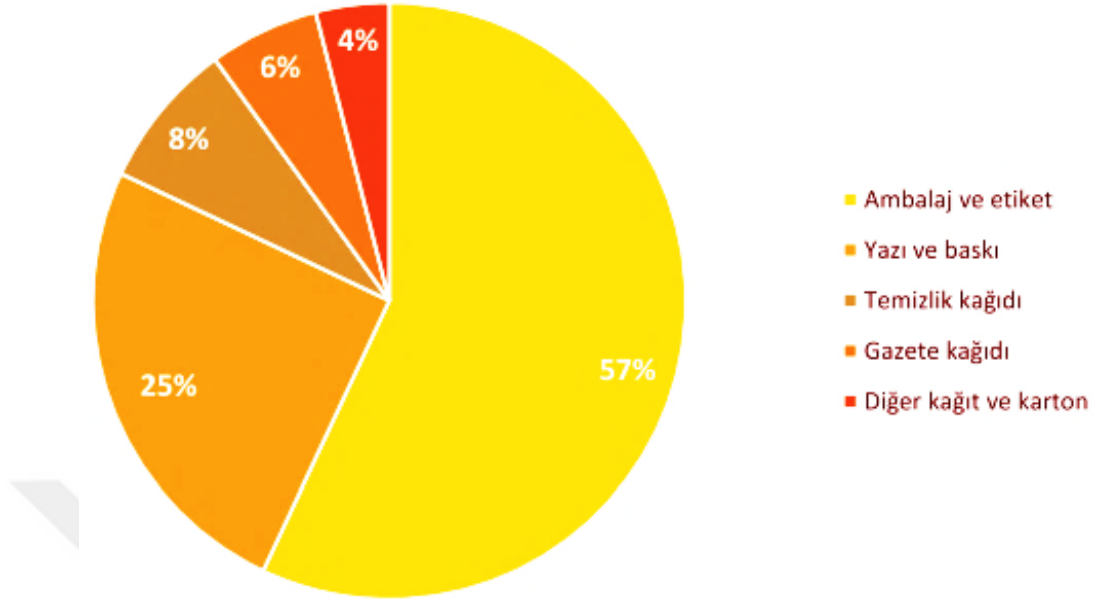


Şekil 1.1 : Eşek arısı yuvası, papirüs ve bitkisi (Karademir, 2008).

Papirüs'e benzer, yazı yazılan malzemelerin Orta Asya'da bazı mezarlarda da bulunduğu bilinmektedir. Günümüz tanımına göre kağıda en çok benzeyen malzeme Tsai Lun tarafından M.S. 105 yıllarında Çin'de bulunmuştur. Arap ordusu ve Çin ordusu arasında gerçekleşen 751 Talas savaşını Arap ordusunun kazandığı ve savaşa Türk ordusunun da dahil olarak Araplara yardım ettiği bilinmektedir. Bu savaş sonunda Çinli kağıt ustalarından esirler alındığı ve kağıt yapım tekniklerini Araplar ve Türklerinde bu şekilde öğrendikleri bildirilmiştir (Karademir, 2008).

Orta Doğu ve Anadolu'da kağıt yapımı son derece ilerlemiş, buna bağlı olarak kültür, sanat ve eğitimde ciddi mesafeler alınmışken bu süreçte Avrupa son derece ilkel şartlarda bir hayat sürmekteydi. Anadolu'da kağıtçılık tarihi açısından Amasya, Bursa, Bergama, Yalova ve İstanbul (Kağıthane) önemli üretim noktaları olmuştur. Endüstriyel seri (fabrikasyon) kağıt üretimi çalışmalarının aslında Anadolu'da, Avrupa ve Amerika'ya göre daha önceleri başladığı ve/veya aynı zamanlarda yapıldığı bilinmektedir. Haçlı seferleri sürecinde sonunda Avrupalılarda kağıt üretimini öğrenmişler ve denizcilerin seyahatleri ile bu ve benzer bir çok yenilik Amerika kıtasına da ulaşmıştır (Eroğlu, 2009).

Günümüzde ise kağıt sektöründe makine üretimlerinin, kimyasallarla ve ilgili tekniklerin Avrupa ve Amerikalı şirketler tarafından yönetildiği bilinmektedir.



Şekil 1.2 : 2016 Yılında Dünyada Kağıt ve Kağıt Ürünleri Üretimi (Doğu Marmara Kağıt Sektör Raporu, 2020).

Dünyadaki kâğıt-karton üretimi yaklaşık 413 milyon tondur. FAO-Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2016 yılı istatistiklerine göre; dünyadaki kağıt üretimin 235 milyon tonu (%57) ambalaj ve etiket kâğıtları, 100 milyon tonu (%25) yazı ve baskı kâğıtları, 32 milyon tonu (%8) temizlik kâğıdı, 24 milyon tonu (%6) gazete kâğıdı ve 16 milyon tonu (%4) diğer kâğıt ve karton ürünlerin imalatından oluşmaktadır. Dünyada son verilere göre toplam 250 milyon ton kâğıt üretilmektedir (Doğu Marmara Kağıt Sektör Raporu, 2020) (Şekil 1.2).

1.1.2 Türkiye’de kağıtçılığın tarihçesi

Orta Asya Türk mezarlarında keçeye benzer yazı yazmak için kullanılan kağıtsı malzemeler bulunmuştur. Küçükbaş hayvancılıkla beraber keçenin Türkler tarafından yaygın olarak üretildiği ve kâğıdın da aslında keçeye benzer bir formasyonda olduğu, bu nedenle keçe üretimine bağlı kakmak, kepenek gibi tabirlerden hareketle, kâğıt ifadesinin Türkler tarafından geliştirildiği konusunda bazı çalışmalar mevcuttur (İmamoğlu ve diğ, 2005).

Kakat, Türklerin ipek liflerini tokmaklamak suretiyle elde ettikleri safihaya denir. Kakat, vurmak tokmaklamak anlamlarına gelen kakmak fiilinden türetilmiştir. Kakat

kelimesi zaman içerisinde kağıt kelimesine dönüşmüş ve doğu dillerine bu şekilde girmiştir. Bu kelimeye benzer kelimeler günümüzde birçok dilde kullanılmaktadır (Karademir, 2012)

Osmanlı Devleti ve genç Türkiye Cumhuriyeti'nde kağıtçılıkla ilgili aslında ciddi yatırımlar yapılmıştır. Ancak ne yazık ki bozulan ekonomi, Endüstri Devrimi, hazinedeki zorluklar nedeniyle çoğu yatırım uzun süre devam edememiştir. Yalakabat Kağıthanesi 1746 yılında Yalova'nın Elmalı köyünde ilk Türk matbaası olan "İbrahim Müteferrika Matbaası"nın ihtiyaçlarını karşılamak için kurulmuştur. İlk kağıt fabrikası İzmir'in Halkapınar semtinde özel sektör yatırımlarıyla kurulmuştur. Sümerbank tarafından 1938 yılında açılan İzmit Kağıt Fabrikası 1944-1959 yıllarında yapılan eklentiler ile genişletilmiş ancak 1955 yılında çıkarılan yasa ile kamulaştırılmış SEKA bir KİT kuruluşu haline getirilmiştir. Selüloz ve kraft kağıdı fabrikası Zonguldak Çaycuma'da, mekanik hamur ve gazete kağıdı fabrikası 1970'te Giresun'da, beyaz saman ve kamış hamuru fabrikası 1971'de Afyon'da, termomekanik hamur ve gazete kağıdı fabrikası 1981 yılında Balıkesir'de açılmıştır (Eroğlu & Usta, 2004).

Günümüzde ülkemizde kağıt hamuru üretimi yapılmamaktadır. Daha çok yurtdışından beyaz ve esmer kağıt hamuru alınmakta ve çoğunlukla da atık kağıtların geri dönüşümü yapılmaktadır. Son verilere göre ülkemizde toplam kağıt üretim miktarının 6.5 milyon ton olduğu bildirilmiştir (Doğu Marmara Kağıt Sektör Raporu, 2020).

1.2 Kağıt Nedir?

Kağıt, bitki liflerinin özel aletler ile işlenmesi, sulu sistemde dağıtılarak bir geçirgen elek üzerinde süzülmesi ve esnek bir tabaka oluşturulması sonucunda elde edilir. Lifler arası bağların artması için dövme denilen işlemin yapılması son derece önemlidir. Elek üzerinde birbirleri üzerine yerleşen selüloz lifleri arasında hidrojen bağları oluşur, suyun uzaklaşması ile yapı kuvvetli bir duruma ulaşır. Mukavemeti artırmak için ve diğer bazı özellikleri için çok çeşitli katkı maddeleri ve kimyasallar kullanılmaktadır (Smook, 1992).

Günlük yaşamımızda kağıt çok önemli bir yer tutmaktadır. Hayatımızda yer alan gazete, dergi, kırtasiye ürünleri, kağıt paralar, marketten alınan ambalajlı ürünler, temizlik malzemeleri vs bunların hepsi kağıttan yapılmıştır. Kağıt bugün vazgeçilmez bir gereksinimdir. Bu nedenle ulusların gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde ölçüt

olarak kullanılmaktadır. Bir ülkenin gelişme durumu ile kişi başına düşen kağıt tüketimi arasında ciddi ve sıkı bir ilişki vardır (Varlıbaş, 2010) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 : 2017 Yılında Kişi Başına Düşen Kağıt Tüketimi (kg) (Doğu Marmara Kağıt Sektör Raporu, 2020).

Bilgisayar ve dijitalleşmedeki ilerlemeler neticesinde kağıdın hayatımızdan çıkacağı düşünülmeye ve söylenmesine rağmen, kağıt yazı malzemesi yanında çok daha farklı alanlarda da kendine yer bulmuştur. İnternet alışverişi, uzun mesafelere ürün pazarlanması konularındaki artışlara bağlı olarak özellikle ambalaj sektöründe kağıt tüketimi ciddi artış göstermiştir (Karademir, 2012).

Bugün çeşitli kullanım amaçlarına göre çok çeşitli kağıt türleri vardır. Kağıt aslında 3 boyutlu bir malzeme olmasına rağmen, piyasada ifade edilirken iki boyutlu gibi sadece birim alanın ağırlığı (g/m^2) şeklinde ifade edilir ki buna gramaj denir. Gramaj ağırlığına göre kağıtlar üçe ayrılabilir (Eroğlu, 2003);

- Kağıt 10-150 g/m^2
- Karton 150-400 g/m^2
- Mukavva 400-1200 g/m^2

Uluslararası istatistiklere göre kağıt ve kartonlar kullanım amaçlarına göre iki ana gruba ayrılmaktadır (Atik, 2016).

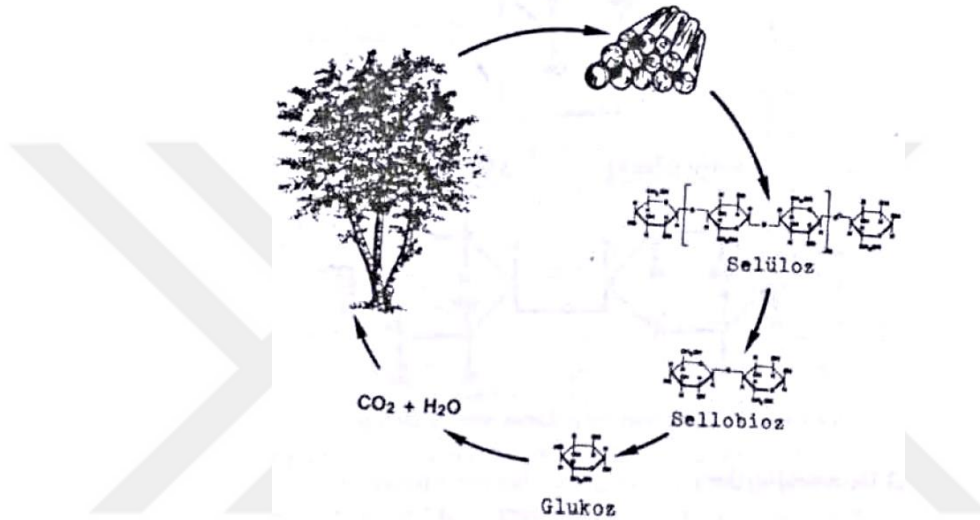
Bunlar;

- Kültürel kağıt ve kartonlar
- Endüstriyel kağıt ve kartonlar

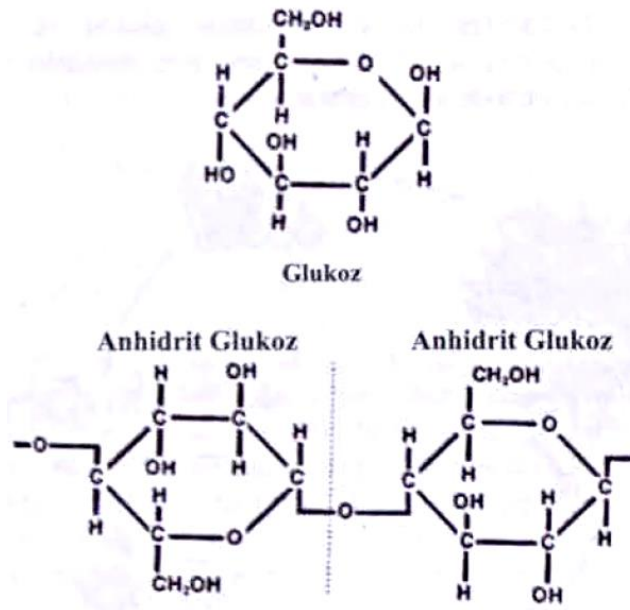
1.2.1 Hammadde

Kağıt, bitkilerin temel yapısını oluşturan hücrelerden yani bitki liflerinden üretilir. Sektörde, kağıtların üretildiği bitkilerin lifleri, elfay, lif, selüloz ve/veya selüloz lifi gibi tabirlerle isimlendirilmektedir. Liflerden oluşan kütleye ise kağıt hamuru denmektedir (Casey, 1960).

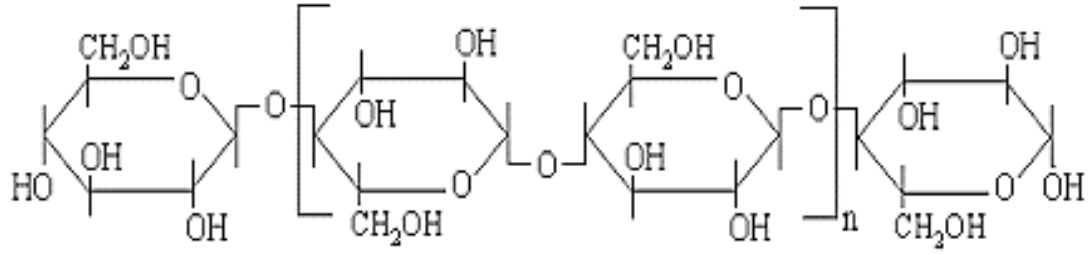
Herhangi bir bitkiden kağıt üretmek için önce kağıt hamuru elde etmek gerekir ki bu işlemde bitki yapıtaşında bulunan selülozca zengin liflerin serbest hale getirilmesine çalışılır. Bu işleme hamurlaştırma denir (Casey, 1980). (Şekil 1.4 - Şekil 1.6).



Şekil 1.4 : Doğada karbon döngüsü ve odun hammaddesi üretimi (Bozkurt ve Erdin, 2011).



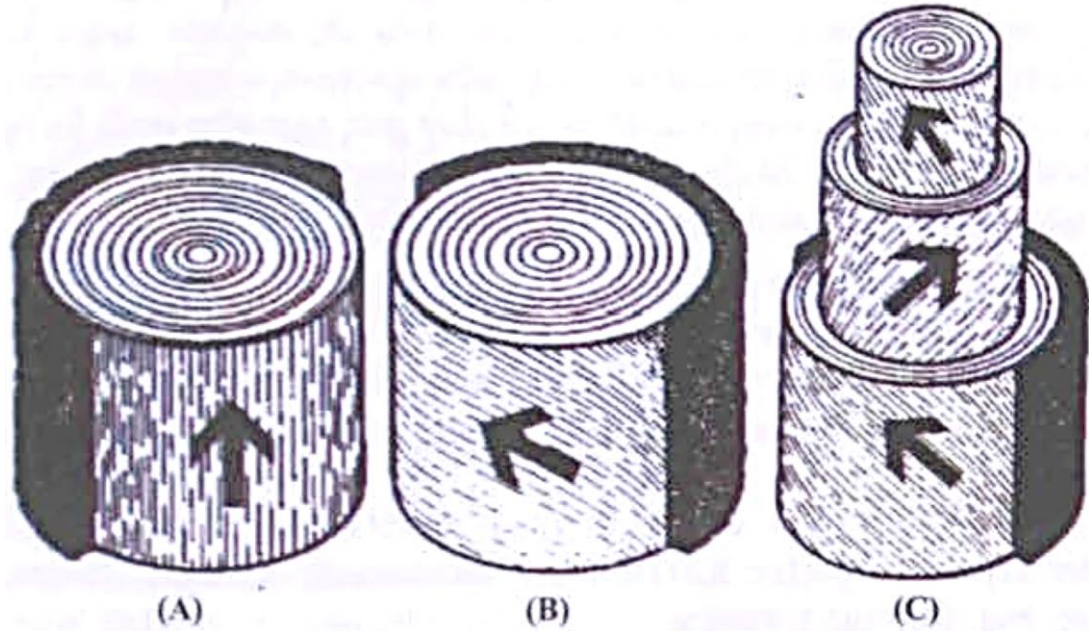
Şekil 1.5 : Glukoz birimleri ve glukozun selüloza dönüşümü (Bozkurt ve Erdin, 2011).



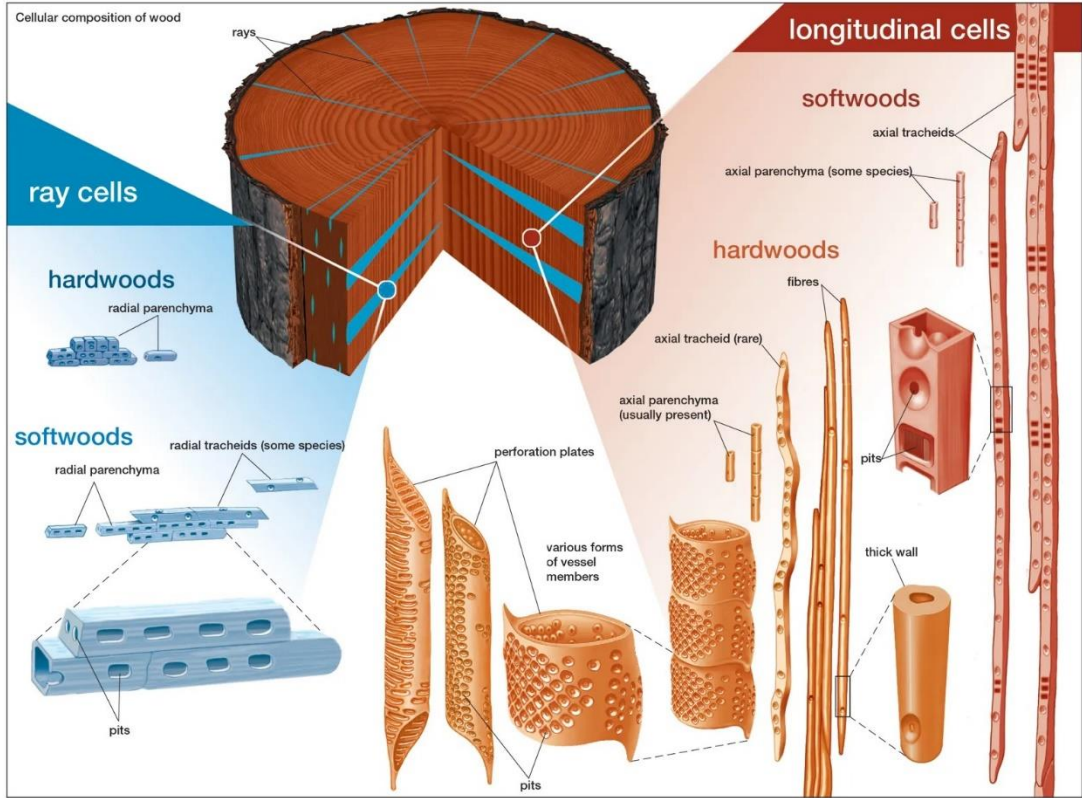
Şekil 1.6 : Selülozun kimyasal formülü (Bozkurt ve Erdin, 2011).

Kağıt hamuru üretiminde çok çeşitli metotlar uygulanmaktadır. Genel itibari ile lifleri bir arada tutan ligninin gevşetilmesi ve/veya tamamen uzaklaştırılması işlemleri basınç, sıcaklık, mekanik kuvvetler, enzimler ve/veya çeşitli kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Karademir ve diğ, 2008).

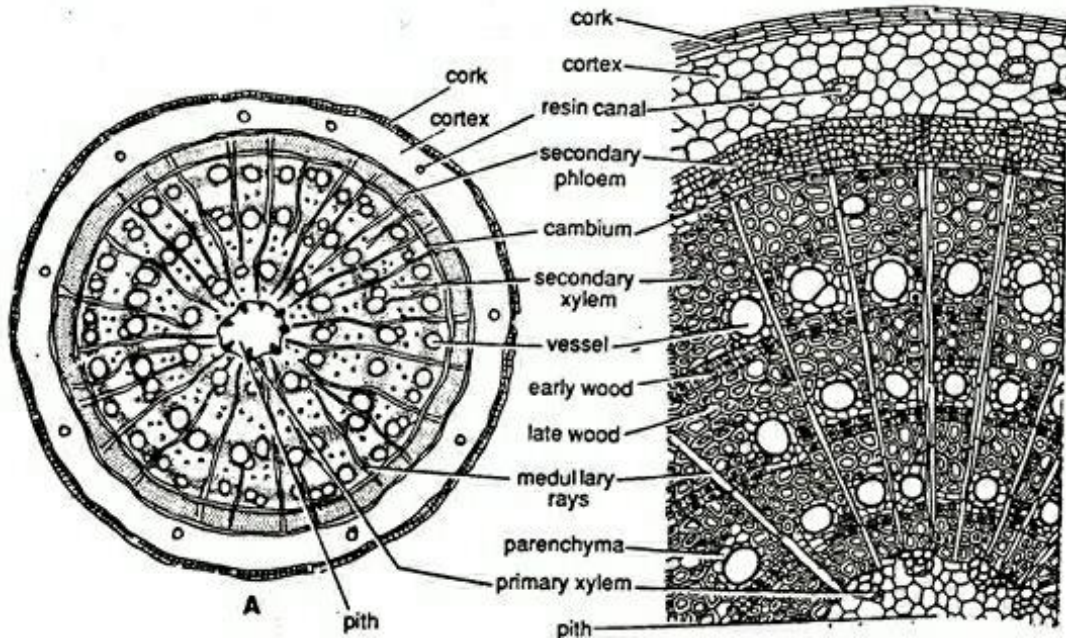
Kağıt hamurunda bulunan liflerin kalitesi, üretildiği bitki hammaddesine bağlıdır. Ağaçların selüloz lifleri birbirlerinden çok farklılık gösterirken, tek bir ağacın farklı bölgelerindeki lifler ve yapının kimyasal kompozisyonu da farklılıklar göstermektedir (Uysal, 2017) (Şekil 1.7, Şekil 1.10, Şekil 1.11).



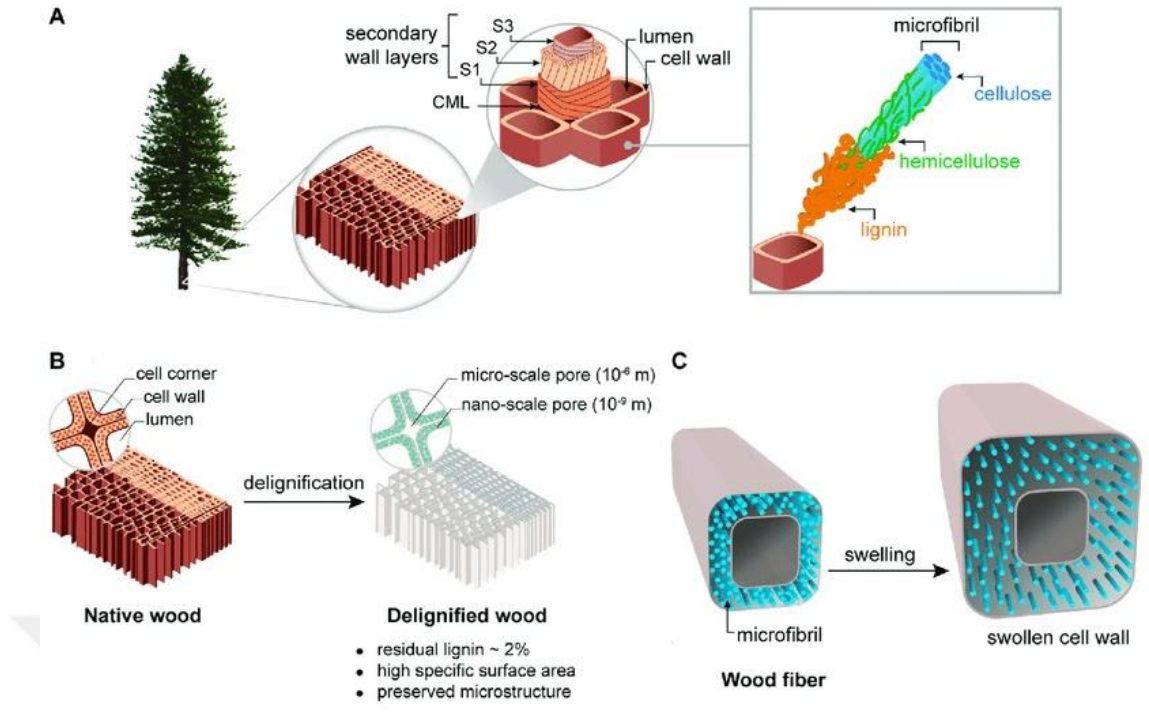
Şekil 1.7 : Lif yönü şekilleri (A) Düzgün lifli, (B) Spiral lifli, (C) Girift lifli (Bozkurt ve Erdin, 2011).



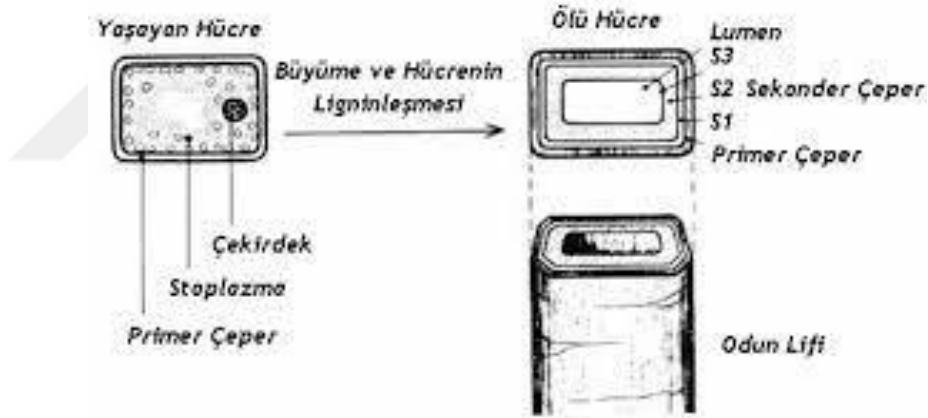
Şekil 1.8 : Odunun hücre bileşenleri (Britannica, 2023).



Şekil 1.9 : Odun iç yapısı (Plantlet, 2023).



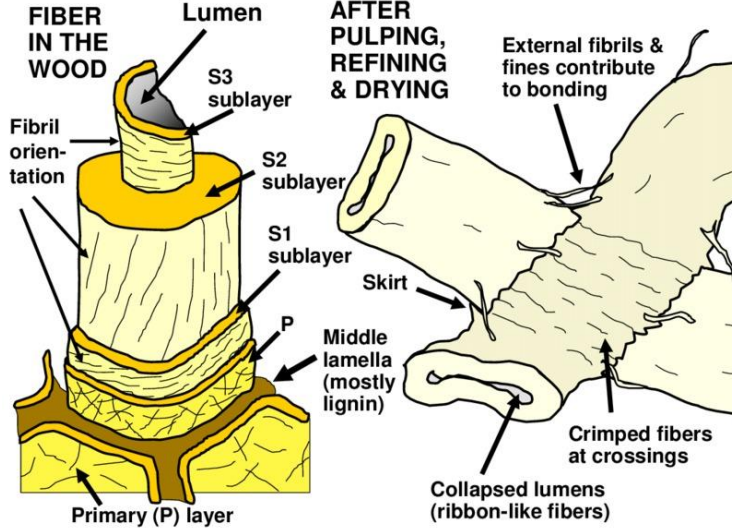
Şekil 1.10 : Lif yapısı (Researchgate, 2023).



Şekil 1.11 : Odun lifi mikroskopik yapısı (Kırcı, 2006).

Kağıdın ilk icadında böğürtlen saplari, keten, kenevir, pamuk, kamış gibi otsu bitkilerden selüloz elde edilmişken günümüzde artan taleplerden dolayı genellikle ormanlardan kağıt hamuru üretilmektedir. Ormanlarda ibreli ağaclar ve yapraklı ağacların lifleri ve kimyasal bileşimlerinde de farklılıklar olduğu için hammaddeye en uygun hamur üretim sistemi uygulamak önem arz etmektedir (Şekil 1.8, Şekil 1.9).

Kağıt hamuru amaca uygun olarak ağartılabilir ve farklı derecelerde dövülmesi gerekir (Şekil 1.12). Dövme olmadan kağıt yapılamaz, zira lifler arası hidrojen bağlarının artması ve sağlam kağıt üretmek için liflerin saçaklandırılması gerekir (T'anson ve diğ, 2006).



Şekil 1.12 : Liflerde dövme etkisi (Researchgate, 2023).

1.2.2 Yardımcı maddeler

1.2.2.1 Dolgu Maddeleri

Kağıt hamuruna süspansiyon halindeyken bazı minarellerin katılması kağıt icat edildiğinden beri yapılan bir uygulamadır. İhtiyaca bağlı olarak kağıt çeşitleri artış göstermiştir. Bu kağıt çeşitlerinin artışı beraberinde de farklı özellikleri olan dolgu maddelerinin icadını ve kullanımını doğurmuştur. Dolgu maddeleri çok ince (mikron boyutlarda) yapılı, beyazlıkları 75-98 arası olan, kağıda opaklık, beyazlık, yüzey düzgünlüğü ve mürekkep emme gibi bazı özellikler kazandıran ve iyileştiren maddelerdir (Çizelge 1.1). Kağıt süspansiyonuna dolgu maddeleri katılması kağıda aşağıdaki gibi yararlar sağlayacaktır (İmamoğlu ve diğ, 2005).

1. Kağıdın opaklığını arttıırırlar.
2. Kağıt boyutlarını stabil hale getirir ve yumuşaklığını arttıırırlar.
3. Özellikle ağartma işlemi uygulanmamış kağıtlara katılımı beyazlık arttırıcı özellik gösterir.
4. Lifler arası boşlukları doldurarak düzgün yüzey oluştırırlar ve bu sayede baskı için daha uygun kağıt elde edilmesine yardımcı olurlar.
5. Mürekkebin istenilen düşey yönde ve daha iyi emilmesini sağlarlar ve baskı kalitesini arttıırırlar.
6. Daha düzenli yanma özelliği verirler.

7. Kağıdın sararması eskimesi daha uzun sürer. Kağıdın uzun süre beyazlığını korumasına yardımcı olurlar (Gess, 1998).

Yararlarına karşın dolgu maddelerinin kullanımı kağıtta bazı istenmeyen durumlara da yol açmaktadır. Bunlar;

1. Lifler arası bağları azaltırlar ve kopma, patlama gibi dirençleri azaltırlar.
2. Kağıdın iç yapıştırmasında kullanılan maddelerin kolofan gibi tersi yönde çalışır ve yapışmayı zorlaştırır.
3. Kağıdın rengi çinko sülfür asit reaksiyon gösterdiğinde bozunmaya uğrar.
4. Kağıdın her iki yüzeyinde de dolgu maddesi tutunması eşit olmadığından aynı kağıtta yüzeyler arasında farklı özellikler görülebilir (Eroğlu ve Usta, 2004).

İdeal dolgu maddesinden istenen özellikler;

- Yüksek beyazlık
- Yüksek kırılma indisi
- Küçük tane çapı
- Kağıt tarafından yüksek oranda tutulma
- Suda çözünmemesi veya çok az çözünmesi
- Düşük yoğunluk
- Kimyasal yönden reaktif olmaması
- Düşük aşındırıcılık
- Ucuz olmasıdır (Hubbe ve Heitmann, 2007).

Çizelge 1.1 : Bazı kağıt türlerinde kullanılan dolgu maddesi türü ve oranları (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıt Tipi	Dolgu Maddesi Tipi	Katılan Miktar %
Yazı kağıdı	Yüksek opaklıkta pigment ve kaolin	1-6
Kitap kağıdı		5-40
Ofset kağıdı		0-10
Kaliteli kitap kağıdı	Kaolin, opak pigment, karbonat	20-30
Sigara kağıdı	İnce kalsiyum karbonat	35-40
Kayıt kağıtları	Kaolin, diatomeli silikat, opak pigment	20-25
Zarf kağıdı	Talk, kaolin, titanyum dioksit	10-20
Gazete kağıdı	Kaolin veya kalsiyum karbonat	2-6

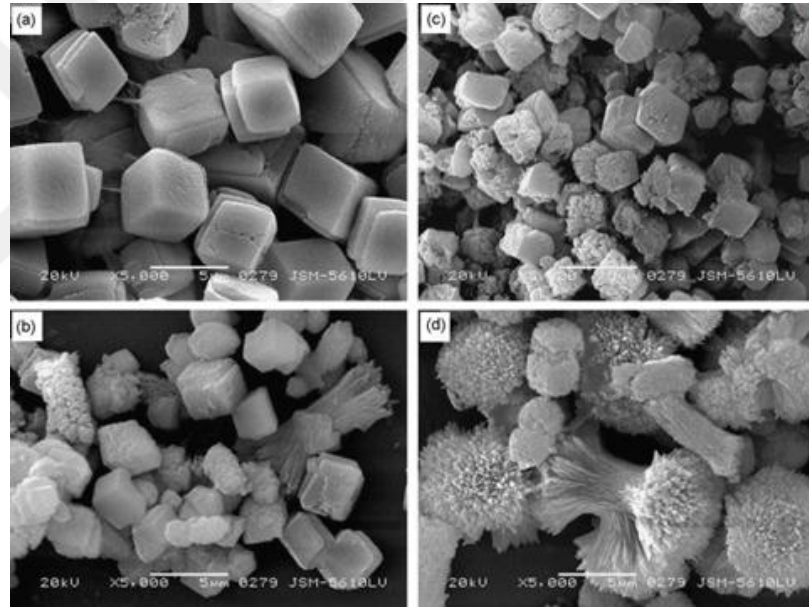
Dolgu maddelerinin özellikleri;

Kırılma indisi: Dolgu maddesinin kimyasal yapısı ve kristal yapısıyla alakalı bir özelliktir. Dolgu maddesinin beyaz ışığa verdiği tepkiye gösterir bir özelliktir

Beyazlık ve parlaklık: Beyazlık ve parlaklık kavramı genelde 457 milimikron dalga boyunda mavi filtre ile ölçülen bir kavramdır

Özgül ağırlık: Selülozun özgül ağırlığı 1,50 gr/cm³ tür ve bütün dolgu maddelerinin özgül ağırlığı selülozdan yüksektir. Bu çeşitli dolgu maddelerinin özgül ağırlıkları 1,95 ile 4,45 arasında değişiklik göstermektedir

Boyut ve şekil: Dolgu maddelerinin kristalleri çeşitli şekillerde olabilirler. Bunlara çubuk, küresel, romboedrik, yassı, iğne vs. örnek verilebilir (Şekil 1.13) (Karademir ve diğ, 2004).



Şekil 1.13 : Farklı kristal yapılarında ki dolgular (Karademir, 2002).

1.2.2.2 Boyar maddeler

Boyar maddeler hakkında genel bilgiler;

Boyar maddelerin bir radyasyonu absorbe etmemesi o rengi görmemizi sağlar. Yani boyar madde kırmızı dışında tüm radyasyonları absorbe ederse kırmızı görünmektedir. Bütün radyasyonları absorbe etmesi ise siyah görünmesine neden olacaktır.

Eğer tüm radyasyonları yansıtıyor ise o cisim beyaz gözüktür, yani beyaz cisimler güneşin bütün ışınlarını yansıtmaktadır fakat kusursuz bir yansıtmaktan söz edilememektedir. %100 yansıtma yoktur.

Renk, kağıdın göze hitap eden ve dikkat çeken özelliklerinden birisidir. Renk kağıda çekicilik kazandırmaktadır. Dolayısıyla kağıda uygulanacak renk verme işlemleri kağıdın satışında önemli bir etken olacaktır. Boyar maddelerden istenilen bazı özellikler ışığa, suya, asit ve alkalilere karşı solmazlıktır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Boyalar ve Pigmentler

Boyar maddeler özelliklerine göre üç gruba ayrılırlar;

1) Suda çözünen boyar maddeler

Asit boyalar: Asit boyalar diğer boyalara kıyasla suda daha çok çözünmektedirler. Çözünmeleriyle birlikte monomoleküler çözeltiler oluşturmaktadırlar (Karademir ve diğ, 2003).

Bazik boyalar: Bazik boyaların kağıda renk verme yetenekleri çok yüksektir ve uygulanışı ekonomiktir. Bu nedenle renkli ucuz kağıtların çoğunda bazik boyalar kullanılmaktadır (Karademir ve diğ, 2005).

Direkt boyalar: Direkt boyalar boya asitlerinin sodyum tuzlarıdır.

Kimyasal yönden asit boyalara benzerler, molekül ağırlıklıkları fazladır ve selüloz ile kolayca uyuştuklarından dolayı direkt boya adını almışlardır. Direkt boyaların boyama gücü bazik boyalardan azdır. Işığa dayanımı asit ve bazik boyalardan daha iyidir (Karademir ve diğ, 2009).

2) Optik beyazlatıcılar: Optik beyazlatıcılar sarımsı beyaz veya sarımsı kahverengi toz şeklinde satılırlar. Optik beyazlatıcılar katıldığı kağıtta morötesi ışınları absorbe eder ve bu sayede kağıdın daha parlak daha beyaz görünmesini sağlar (Karademir ve diğ, 2010).

3) Suda çözünmeyen pigmentler

Pigmentler: Suda çözünmezler. İnce yapılı katılardır. Kağıtçılıkta ilk kullanılan boyarlardır. Hala kullanılmaktadır (Karademir ve diğ, 2012).

1.2.2.3 Kimyasallar

Yapıştırma kimyasalları

Kağıt ve karton türlerinden su, yağ, mürekkep, kan, meyve suyu ve süt gibi sıvılara karşı dayanıklı olmaları beklenmektedir. Kağıtçılıkta su geçirmezlik terimi bir kağıdın sıvıya maruz kalmasına rağmen bir süre su ve/veya sıvı geçirmemesine, içerisine nüfuz

etmesine izin vermemesine denir. Bu nedenle kağıt üretim aşamasında bazı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Kullanılan bu kimyasallar kağıt ile sıvı arasındaki temas açısını büyütürler. Sıvının kağıda hiç temas etmediği durumda açı 180° dir ve kılcal emiş sıfırdır (Karademir ve diğ, 2010).

- a) Kolofan: Dikili çam ağaçlarının gövdelerine yara açmak suretiyle veya dip kütükten elde edilen Tail oil yağının ekstraksiyonundan sonra kalan bir yan üründür. Suda çözünmeyen kolofan oda sıcaklığında katı haldedir. Kolofan içerisinde %90 oranında reçine asitleri ve %10 oranında nötral maddeler bulundurur (Karademir ve diğ, 2010).
- b) Alüminyum: Lifleri birbirleriyle ve katkı maddeleriyle bağlamak kağıt yapımında en önemli konudur. Alüminyum yapısı gereği yüksek yük yoğunluğuna sahiptir. Anyonik katkı ve dolgu maddeleri katyonik bileşenle iyi bir bağ yapacaktır. Alüminyum 6 adet anyonik grupla birleşmeye meyilli bir katnoyik olduğundan dolayı alüminyum kullanımı yapıştırmada önemli olmaktadır (İmamoğlu ve Kayacan, 2002).
- c) Mumlar: Düşük molekül ağırlığına sahip basit yapıda olan mumlar kağıt yapıştırmada geniş pH aralığında kullanılabilir. Kullanımından bu yana suyun sertliğinden etkilenmediği anlaşılmıştır. Mumlar kristal yapıda iğne şeklinde ve yassıdırlar. Mumlar yapıştırmada tek başına kullanıldığı gibi reçineye %20-40 oranlarında katılarakta kullanılabilir. Mumların sıvılara karşı direnci arttırmanın yanında yüzey düzgünlüğü ve baskı kalitesi gibi özellikleri de iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Fakat kağıdın sağlamlığını ve rijiditesini azaltırlar (İmamoğlu ve Peşman, 2012).
- d) Stearatlar: Kağıt ve karton üretimlerinde süspansiyonda kullanılan en yaygın stearatlar sodyum ve potasyumdur. Kullanım koşulları reçine ile benzerlik göstermektedir. Kolayca oksitlenmedikleri ve renk değişimlerine sebebiyet vermediklerinden dolayı özellikle fotoğraf kağıtlarının yapıştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Karademir ve diğ, 2010).
- e) Alkil Keten Dimer: AKD kağıt endüstrisinde 1950'lerden bu yana kullanılmaktadır. Bazı yapıştırma maddeleri hidrofobiktir ve liflerle

uyuşmaz (Karademir, 2002). Bu nedenle mekanik yapıştırma uygulanır. Bazı yapıştırma maddeleri ise asit ve/veya baz ortamlarda dayanıksızdır. Kimyasal bağlarla bağlanan AKD asit ve alkali ortamlarda dayanıklılık gösterir ve iyi bir yapıştırma sağlanmış olur. İyi bir yapıştırma için AKD'nin selülozun hidroksil gruplarıyla reaksiyona girmesi gerekmektedir. Su ile reaksiyona girerse iyi bir yapıştırma gerçekleşmez. AKD suda çözünmez (Karademir, 2003).

Tutundurma kimyasalları

a. İnorganik tutundurucu kimyasallar

- a) Şap: İnorganik tutunma maddelerinden en önemlisi şaptır. Genel olarak kolofan ile iç yapıştırma yapılırken çökelme oluşmasını önleyerek performansı arttırmak amaçlı kullanılmaktadır (Karademir ve Kurt, 2002)
- b) Polialüminyumklorür (PAC): Sodyum karbonat ve alüminyum klorürden üretilen inorganik bir polimerdir ve şaptan daha nötraldir. Bu nedenle daha yüksek pH'ta kullanılabilir bir kompleks oluştururlar.

b. Doğal organik esaslı tutundurma maddeleri

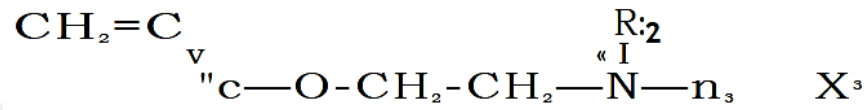
Mısır ve patatesten elde edilen katyonik nişastalar doğal organik esaslı tutundurma maddelerinin en önemlisidir. Sağlamlık özelliklerini arttırmada ve yapıştırmada katyonik bir kaynak sağlamak için asit veya alkali kağıt üretiminde 20 – 30 yıldan beri kullanılmaktadır (Karahana, 2008).

c. Sentetik, suda çözülebilir organik polimerler

Tutundurucu madde olarak sentetik, suda çözülebilir organik polimerlerden kağıt üretiminde beklenen karakteristik özellik, optimum tutunmayı ve yüksek drenajı sağlamasıdır.

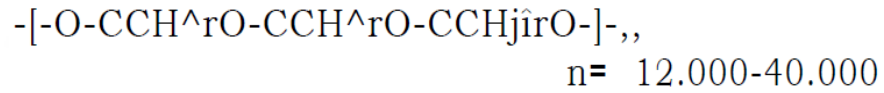
- a) Poliaminler: Kağıt üretiminde kullanılan poliaminler düşük molekül ağırlıklarından dolayı tutunmaya çok az etki edeceklerinden tek başına kullanılmazlar. Bu sebeple kağıt endüstrisinde nötralize edici olarak kullanımları daha yaygındır.
- b) Polidadmac: Molekül ağırlığı 500.000 üzerine çıkınca zayıf olarak çapraz bağ yapmaya meyillidirler. Bu düşük molekül ağırlıkları ile etkili bir nötrleyicilerdir.

- c) Polietilenimin (PEI): Tutunma ve drenaj özelliklerini geliştirmek için uzun zamandan beri kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.
- d) Islak sağlamlık reçineleri: Katyonik polimerlerin ve koagülant bağlanma sağlayan tüm polimerlerin özelliklerine sahiptir. Islak sağlamlık istenen durumlarda kullanılır.
- e) Poliakrilamid: PAM olarak bilinen akrilamid esaslı bu polimerler dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir tutunma maddeleridir. Önemli bir tutunma istenen durumlarda bu akrilamidler kullanılır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14 : Katyonik bir PAM molekülü (Eroğlu ve Usta, 2004).

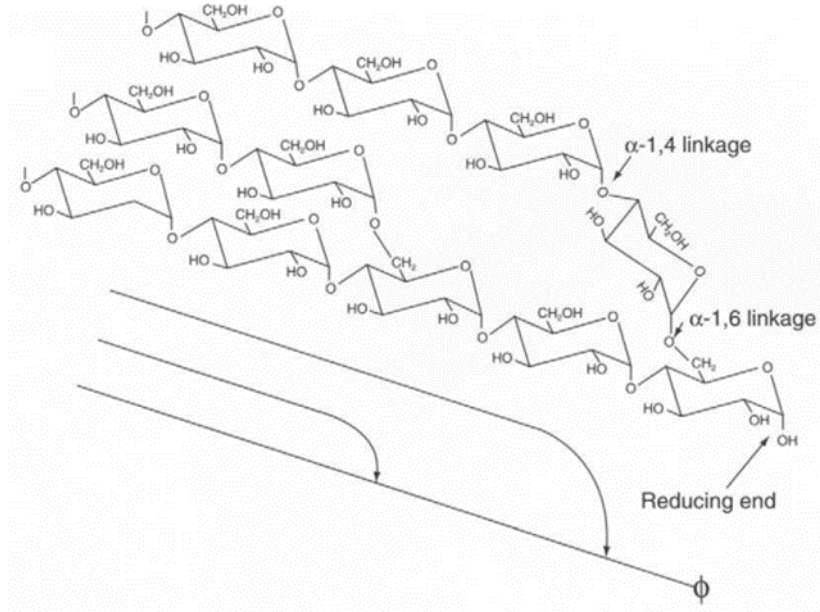
- f) Polietilenoksit: Etilen oksit monomerinden üretilen PEO tamamıyla noniyoniktir ve molekül ağırlığı 4.000.000 olur ise tutundurucu madde olarak kullanımı söz konusu olmaktadır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 : Basit polietilenoksit yapısı (Eroğlu ve Usta, 2004).

Mukavemet artırıcı kimyasallar

Kağıt bilindiği gibi temelde filtrasyon prensibi ile üretilir ve lifler arası bağlanmada Hidrojen bağları etkilidir. Kağıtlarda mukavemetleri artırmak için lifler arası hidrojen, iyonik ve kovalent bağ geliştiren ve/veya artıran bazı kimyasallar katılmaktadır. Bunların başında en bilineni katyonik nişasta gelmektedir. Nişasta, düz veya dalı zincir yapısında olur, yapıtaşında glukoz, 6 ve 5 karbonlu şeker molekülleri bulunur (Şekil 1.16). Selüloz, elyaf yapısı ile son derece uyumludur. Bunun yanı sıra aşırı kuvvetli olması istenen kağıt ürünlerinde geri dönüşümsüz kovalent bağlar geliştiren yüksek molekül zincir yapısında olan kimyasallar kullanılır. Ancak bu kağıtların geri dönüşümü doğal olarak oldukça zor gerçekleştirilir, zira su penetrasyonu ve liflerin serbest hale gelmesi son derece yavaş ve güç gerçekleşir.



Şekil 1.16 : Nişastanın genel moleküler yapısı (Mutlu, 2011).

Kuru mukavemet artırıcı kimyasallar

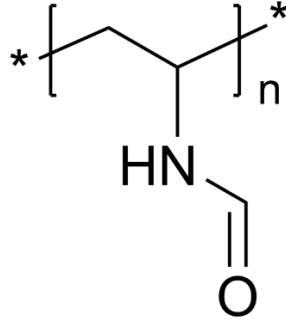
Kağıt ve kartonların bazı mekanik özellikleri yapılan testler sonucu elde edilmektedir. Kağıdın mekanik özelliklerini belirlemede yırtılma, kopma, patlama, eğilme ve katlanma gibi mukavemet testleri yapılmaktadır. Kağıdın mukavemeti aslında üretim prosesine ve elyaf çeşidine bağlıdır. Yumuşak ağaçlardan elde edilen uzun elyaflar ile üretilen kağıtların mukavemeti daha yüksek olmaktadır. Üretimde katılan dolgu maddelerinin kağıdın mukavemetini düşürdüğü bilinmektedir. Fakat öğütme derecesi ve yaş presleme gibi bazı üretim aşamaları kağıda mukavemet sağlayan proseslerdir.

Kağıt üretiminde suda çözünen ve hidrojen bağ yapan birçok polimer, katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Odun lifleri hemiselüloz formunda iken kuru mukavemet işlevi gören maddeyi kendi bünyelerinde barındırmaktadırlar. Fakat hemiselülozları liflerden ayırma işlemi neticesinde mukavemet düşmektedir.

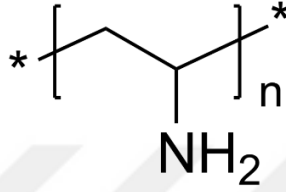
Kuru mukavemet artırıcı kimyasalara örnek olarak en çok kullanılan ve bilinen “Nişasta” örnek verilebilir.

Nişasta gibi doğal mukavemet artırıcıların yanı sıra sentetik olan Poliakrilamid gibi mukavemet artırıcılar da gittikçe önem kazanmaya başlamıştır.

Kağıda, öğütme ile mukavemet artırımı mümkün olmayan durumlarda polivinyl-formamide ve polivinyl-amine gibi kimyasallar katılmaktadır (Şekil 1.17, Şekil 1.18).



Şekil 1.17 : Poliviny-formamide formülü (Polymersource, 2023).

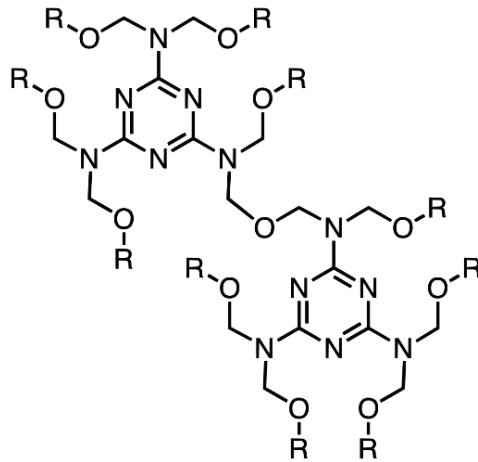


Şekil 1.18 : Poliviny-amine formülü (Polymersource, 2023).

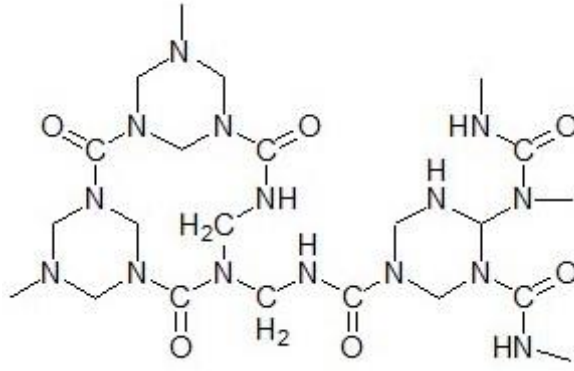
Yaş mukavemet arttırıcı kimyasallar

Kullanım yerlerinde sıvı ve suya karşı mukavemet göstermesi istenen kağıtlar vardır. Çay poşetleri, ambalaj kağıtları, temizlik ve filtre kağıtları bunlara örnek verilebilir.

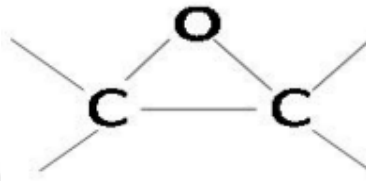
Kullanım yerlerinde sıvılara karşı mukavemet beklenen kağıtlara melamin formaldehid reçineleri, üre formaldehid reçineleri, epoksi poliamid reçineleri, glyoxale poliakrilamid reçineleri gibi yaş mukavemet arttırıcı kimyasalların katılımı kağıttan istenen mukavemet değerlerini sağlayacaktır (Şekil 1.19, Şekil 1.20, Şekil 1.21).



Şekil 1.19 : Melamin formaldehit formülü (Polymersource, 2023).



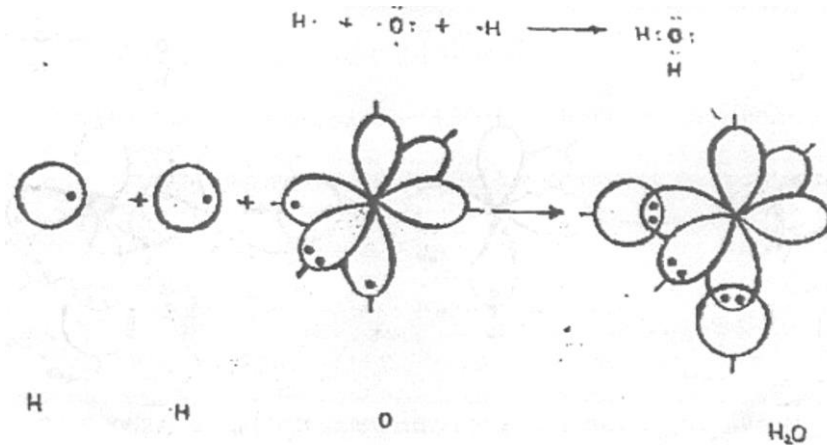
Şekil 1.20 : Üre formaldehit formülü (Polymersource, 2023).



Şekil 1.21 : Epoksi fonksiyonel grubu (Polymersource, 2023).

1.2.3 Su ve önemi

Kağıt üretiminde su olmazsa olmaz bir malzemedir. Lifler arası bağların oluşması ve birbirlerine bağlanıp sayfayı oluşturmaları için su kullanmak, kağıt üretiminde bir zorunluluktur (Şekil 1.22). Su kimyasal olarak bakıldığında iki hidrojen ve bir oksijen atomlarından oluşmaktadır. Fakat bu atomların bağlanarak suyu oluşturması dizilişleri raslantısal değildir. Üç atom arasında 104,5°'lik açı vardır (Karahan ve Karademir, 2019).



Şekil 1.22 : Su Molekülünün Oluşumu (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıt üretimi su olmadan gerçekleştirilemez. Su kağıt üretiminde çok önemli taşıyıcı bir materyaldir. Suyun kalitesi ve sertliği üretilen kağıtların kalitesini önemli derecede

etkilemektedir. Kağıt üretimi yaparken kullanılan suyun iletkenlik ve pH değerleri kontrol edilmektedir. Bu değerler istenilen özellikleri taşııyorsa kaliteli ve kullanışlı kağıt üretiminde söz etmek mümkün değildir (Varlıbaş, 2010).

1.3 Kağıt Üretiminde Yapıştırma İşlemleri

Kağıt üretiminde yapıştırma işlemi su ve kullanılan sıvı maddelerin penetrasyona karşı belli bir derece direnç göstermelerini sağlamak için, kağıt hamuruna ve safiha yüzeyine bazı özel hidrofobik kimyasalların uygulanmasına denmektedir (Varlıbaş, 2010).

Yapıştırma işlemi uygulanmış kâğıtlarda uygulanan bu yapıştırma maddeleri su ile kâğıt arasındaki temas açısını büyültürler. Yüzeysel gerilim sıvı maddeyi kağıt safihasının kılcal boşluklarına çeken kuvvettir. Yapıştırma maddeleri kılcal kuvvetin kağıdın içine doğru olan bileşenini küçültürler (Aydemir ve diğ, 2017).

Kağıt üretimi hassasiyet isteyen ve üretim süreci kompleks prosesler içeren bir işlemdir. Nitekim yapıştırma işlemi de öyledir. Bu yüzden yapıştırma işlemi yapmadan önce bazı parametrelere dikkat etmek gerekmektedir. Bu parametreler şunlardır (Aydemir ve diğ, 2018);

- a) Kağıt makinesinin türü ve hızı
- b) Kağıt türü
- c) Liflerin türü ve kalitesi
- d) Dolgu maddeleri
- e) Su kalitesi
- f) Dövme derecesi
- g) Katkı maddelerinin diğr bileşenlerle etkileşimi
- h) Hammadde sıcaklığı
- i) Asitlik/alkalilik-pH
- j) Tutunma/drenaj seviyesi
- k) Formasyon tipi ve kalitesi
- l) Pres nemi, pres kalitesi
- m) Kurutma koşulları ve sıcaklığı (Cathie ve Guest, 1991).

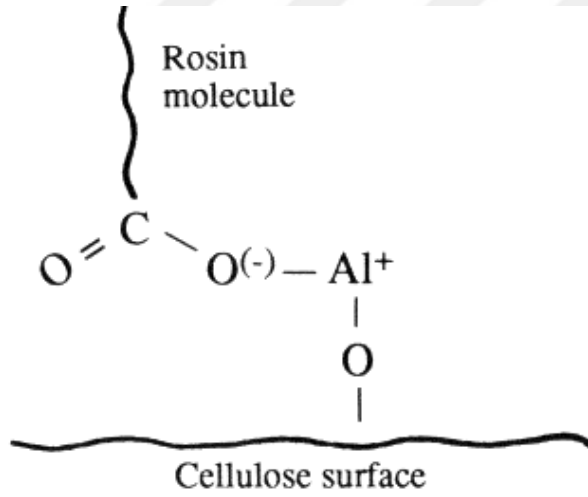
Yazı, ambalaj, izolasyon, harita ve para gibi kağıtların su ve sıvılara karşı dirençli olmaları beklenmektedir. Bu gibi kullanım yerlerinde su ve sıvılara karşı dirençli

olmaları istenen kağıt türleri üretiminde iç yapıştırma ve yüzey yapıştırma işlemleri yapılmaktadır (Aydemir ve diğ, 2019).

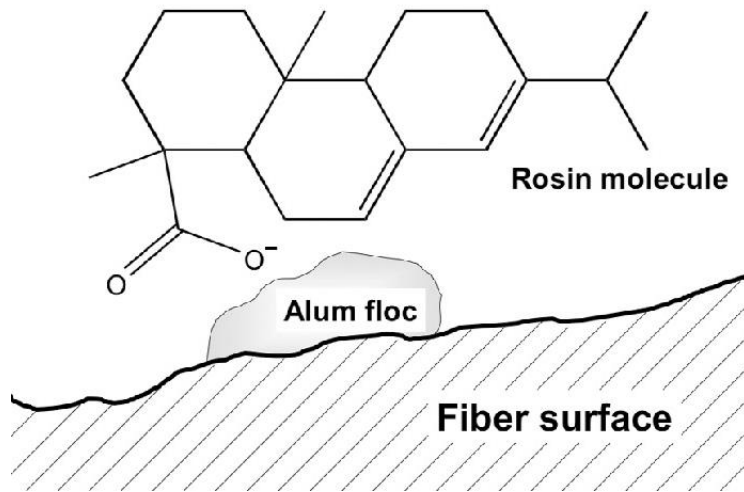
1.3.1 İç yapıştırma işlemi

İç yapıştırma, kağıt hamur süspansiyonuna özel kimyasalların katılmasıyla kağıdın sıvılara karşı direnç kazandırılması işlemine denmektedir. İç yapıştırma işlemi temelde ikiye ayrılmaktadır (Karademir, 2000).

İlki 4.5-5.5 pH aralığında yapılan kolofan ve alüminyum ile gerçekleştirilen gelenekselleşmiş iç yapıştırma mekanizmasıdır. Kolofan ve alüminyum katılımı kağıtçılıkta çok eskilere dayanan bir iç yapıştırma kimyasallarıdır. Bu kağıtlara asit kağıtlar denmektedir (Karademir ve diğ, 2010) (Şekil 1.23 - Şekil 1.24).

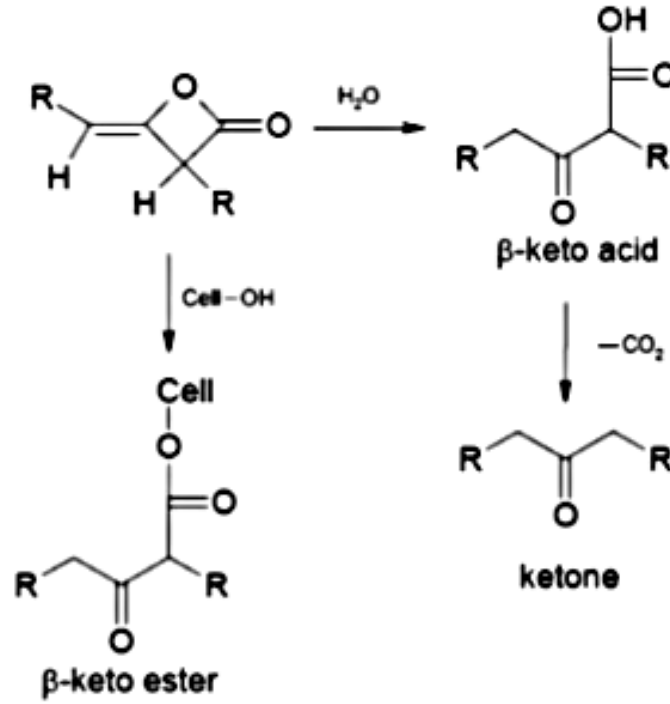


Şekil 1.23 : Selüloz ve Rosin bağlanma mekanizması (Culturalheritage, 2023).

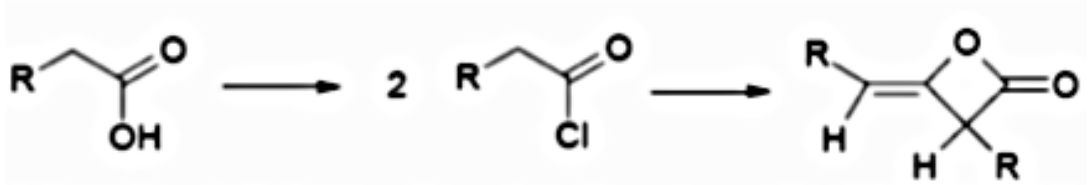


Şekil 1.24 : Kolofan ve Alüminyum bağlanma mekanizması (Researchgate, 2023).

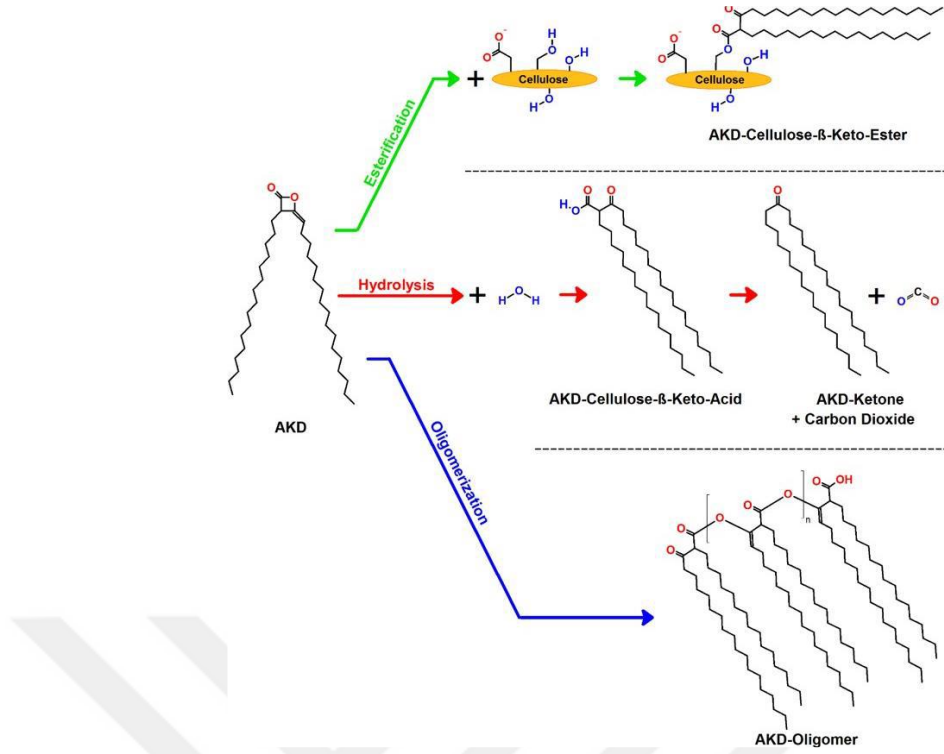
Diğeri ise 6.5-9.0 pH aralığında nötr/alkali olarak gerçekleştirilen iç yapıştırma mekanizmasıdır. Alkil keten dimer gibi sentetik ve reaktif kimyasalların katılımı ile gerçekleştirilen iç yapıştırma sonucunda elde edilen kağıtlara alkali kağıtlar denmektedir (Şekil 1.25, Şekil 1.28). Bu yöntemde dolgu maddesi olarak kalsiyum karbonat kullanılmaktadır. Kalsiyum karbonat kullanımı oluşabilecek asitlenme gibi durumları tamponlamaktadır ve kağıtları çok dayanıklı hale getirmektedir. Bu işlem kağıtcılıkta yaklaşık olarak son 50 yıldır süren bir uygulamadır (Doğan, 2019).



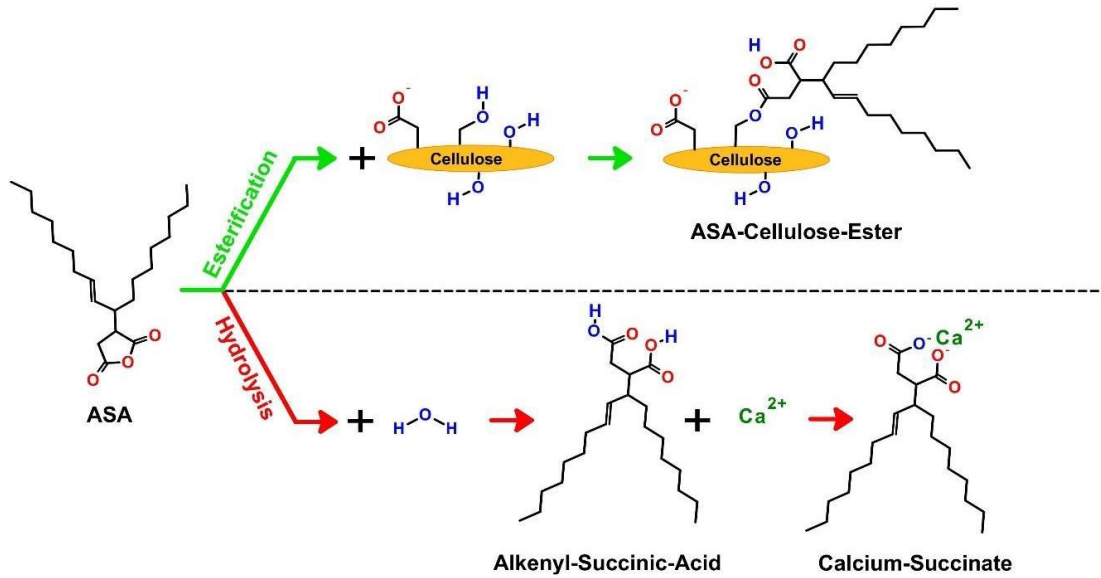
Şekil 1.25 : AKD'nin selüloz formlarıyla reaksiyonu (Lindström ve Larsson, 2018).



Şekil 1.26 : Yağ asidi klorürlerinden AKD oluşumu (Lindström ve Larsson, 2018).



Şekil 1.27 : AKD molekül formülü ve reaksiyon mekanizması (Doğan, 2019).



Şekil 1.28 : ASA molekül formülü ve reaksiyon mekanizması (Doğan, 2019).

1.3.2 Yüzey yapıştırma işlemi

İç yapıştırma, kağıt hamuruna uygulanmaktadır. Fakat yüzey yapıştırma kağıt üretildikten sonra kağıt yüzeyine yapılan yapıştırma işlemidir. Yapıştırma soslari yüzeye sürüldükten sonra kağıt tekrar kurutulmaktadır. Uygulanan bu soslar sayesinde üretilen kağıt, sıvılara karşı dayanıklı hale gelmektedir. Yüzey yapıştırma işlemi size

preste uygulanabileceği gibi kağıt üretilip bobin haline getirildikten sonra kuşeleme makinelerinde de yapılabilir. Yüzey yapıştırmada en çok kullanılan malzeme nişastadır. Nişasta önce pişirilir ve viskozite ayarlanması sağlamak için bazı katkı maddeleri sürüldükten sonra kağıdın tek veya iki yüzeyine de özel makinelerle sürülerek yüzey yapıştırma işlemi gerçekleştirilir (Karademir ve diğ, 2010).

1.4 Kağıt Üretiminde Tutunma Sistemleri

Retensiyon ve drenaj kavramları kağıt üretiminde önemli iki parametredir ve aralarında iyi bir denge kurulması gerekmektedir. Kağıt üretiminde maksimum su miktarı uzaklaştırılmak isterken, elek üzerinde de olabildiğince fazla lif ve katı madde kalması istenir. Bu durumda vakum miktarı, kullanılan kimyasallar, elek tipi, elek hızı, süspansiyon hızı gibi parametrelerin iyi hesaplanması önem kazanmaktadır. Yukarıda bahsedildiği üzere retensiyonun maksimum ve drenajın hızlı olması için bir parametre olan kimyasalların kullanımı zorunluluktur. Kimyasal kullanımı ile tutunmayı artırma ve retensiyon ile drenaj özelliklerinin istenen duruma getirme olayına tutunma denmektedir (Şekil 1.29). Kağıt üretiminde mekanik ve kimyasal olmak üzere iki çeşit tutunma sistemi vardır.

$$\text{Retansiyon } [R] = \frac{C \text{ Hamur Kasası} - C \text{ Elek altı suyu}}{C \text{ Hamur Kasası}} \times 100 (\%)$$

$$\text{Retansiyon } [R] = \frac{\dot{Q} \text{ Hamur Kasası} - \dot{Q} \text{ Elek altı suyu}}{\dot{Q} \text{ Hamur Kasası}} \times 100 (\%)$$

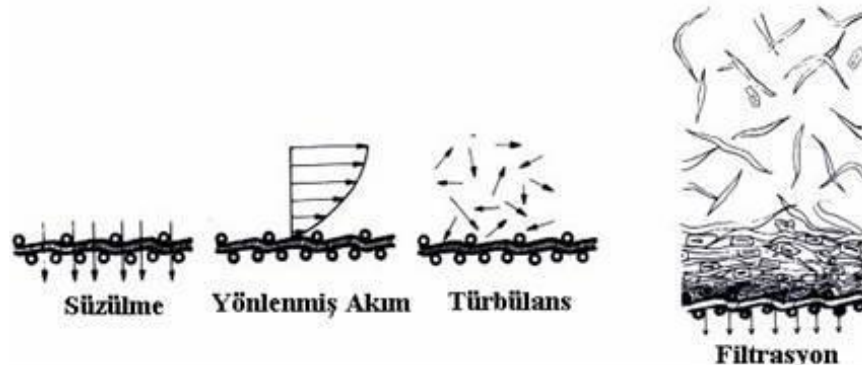
$$C = \text{Hamur Konsantrasyonu [g/l]}$$

$$\dot{Q} = \frac{\text{Kuru Hamur}}{\text{Zaman}} \text{ [kg/dakika]}$$

Şekil 1.29 : Retansiyon formülleri (Varlıbaş, 2010).

1.4.1 Mekanik tutunma sistemleri

Kağıt üretiminde hamur süspansiyonu elek üzerinde temelde üç farklı şekilde hareket etmektedir.

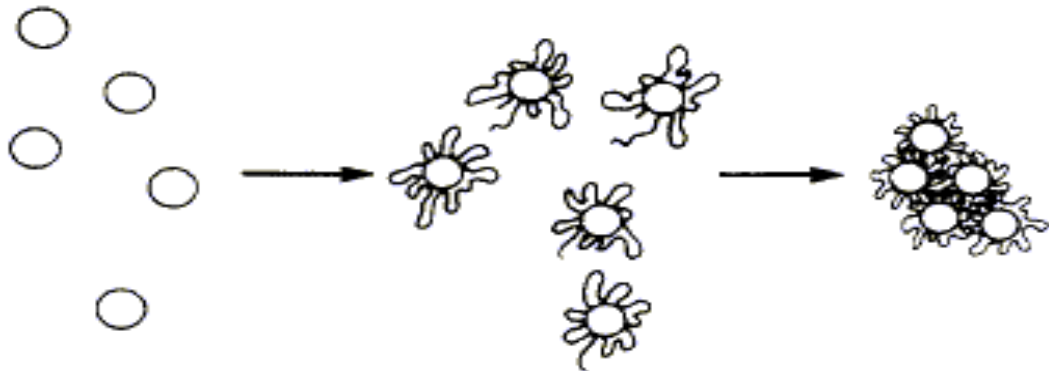


Şekil 1.30 : Elek üzerindeki süspansiyon akım tipleri (Varlıbaş, 2010).

Yukarıda (Şekil 1.30) 'da görüleceği üzere süspansiyonun elek üzerinde süzülme, yönlennmiş akım ve türbülans gibi akım tipleri ile hareketi söz konusudur. Elek üzerinde hareket eden süspansiyon içerisinde bulunan küçük lif parçacıkları önce elek deliklerinden aşağı düşecek ve kaybedilecektir. Fakat süspansiyon içerisinde bulunan uzun elyaflar elek deliklerinden geçemeyip elek üzerinde kalarak bir katman oluşturmaktadır. Böylece geçirgenlik azalacaktır ve ilk başta kaybedilen küçük lifler elek üzerinde kalmaya başlayacaktır. Bu durum üretilen kağıdın iki yüzeyinde bazı farklılıklar oluşmasına neden olmaktadır (Karademir, 2008).

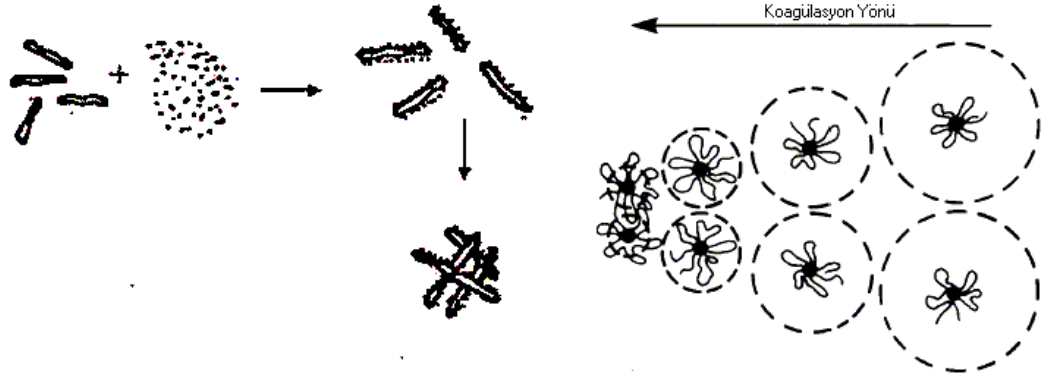
1.4.2 Kimyasal tutunma sistemleri

Kağıt üretiminde kullanılan küçük parçacıklardan oluşan liflerin fiziksel olarak elek üzerinde kalması istenmektedir. Bu nedenle dolgu maddeleri ve polimer kimyasalların elektrostatik çekim kuvvetinden yararlanılmaktadır. Bu kimyasalların katılarak liflerin toplanması ve kağıt taslağına katılması işlemine kimyasal tutunma denmektedir. Anyonik karakterde olan lif süspansiyonuna katılan kimyasal tutundurucuların çoğu genelde katyoniktir (Cates ve diğ, 1989).



Şekil 1.31 : Flokülasyon (Varlıbaş, 2010).

Küçük parçacıkların küçük parçacıklara tutunmasına Şekil 1.31’de görüleceği üzere flokülasyon denir (Karademir ve diğ, 2010).



Şekil 1.32 : Koagülasyon (Varlıbaş, 2010).

Küçük parçacıkların büyük parçacıklara tutunmasına Şekil 1.32’de görüleceği üzere koagülasyon denir (Karademir ve diğ, 2010).

1.5 Kağıt Üretim Yöntemleri

Kağıt üretimi entegre bir sistem olup öncelikle hamur üretimi yapılması gerekmektedir. Günümüzde ülkemizde hamur üretimi yapılmamasına rağmen, dünyada temel hamur üretim sistemlerinden bahsetmekte fayda vardır. Bitkisel hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve üretilecek son mamül kağıttan istenen parametrelere göre en uygun kağıt hamuru üretim sistemi planlanması gerekir. Gazete kağıdı üretimi için mekanik hamur üretimi, kraft torba üretimi için kraft hamur üretimi yapılmasının bir zorunluluk olduğu gibi. Genel hatları ile kağıt hamuru üretimlerini mekanik hamur üretimi, kimyasal hamur üretimi ve yarı kimyasal hamur üretimi olarak üç gruba ayırmak mümkündür. (Bozkurt, 2012).

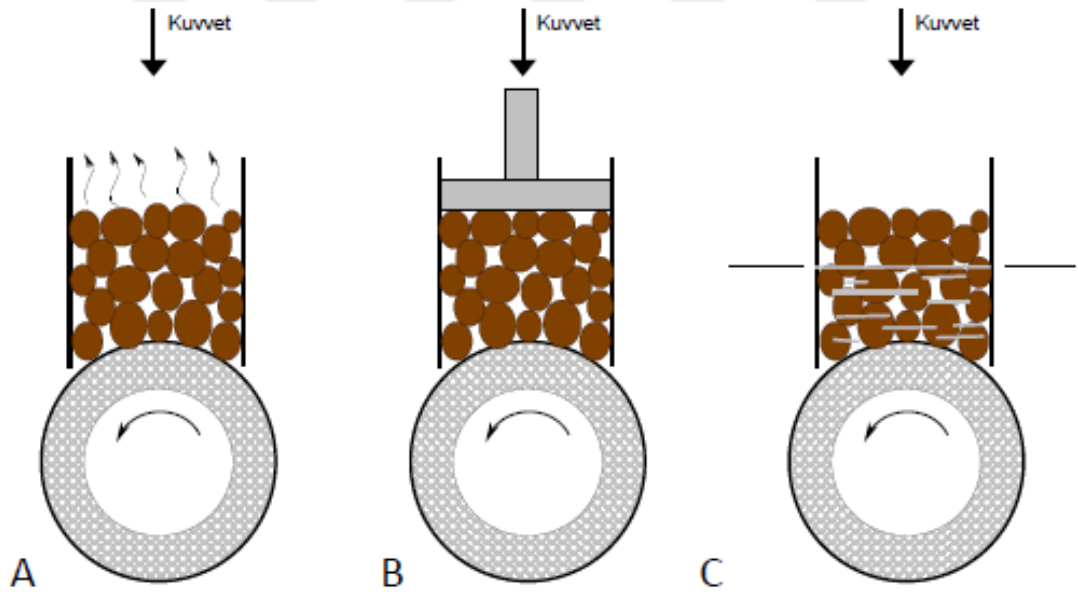
1.5.1 Mekanik hamur üretim yöntemi

Tüm lif üretim yöntemlerinde temel amaç lifleri bireyselleştirerek (ayırarak) kağıt yapımı için elverişli bir hale getirmektir. Mekanik kağıt hamuru üretimi temelde oduna mekanik bir güç uygulayarak lifleri ayırma prensibine dayanmaktadır (Şekil 1.33, Şekil 1.34). Mekanik kağıt hamuru üretiminin birden fazla yolu vardır. (İmamoğlu ve diğ, 2009). Bunlar;

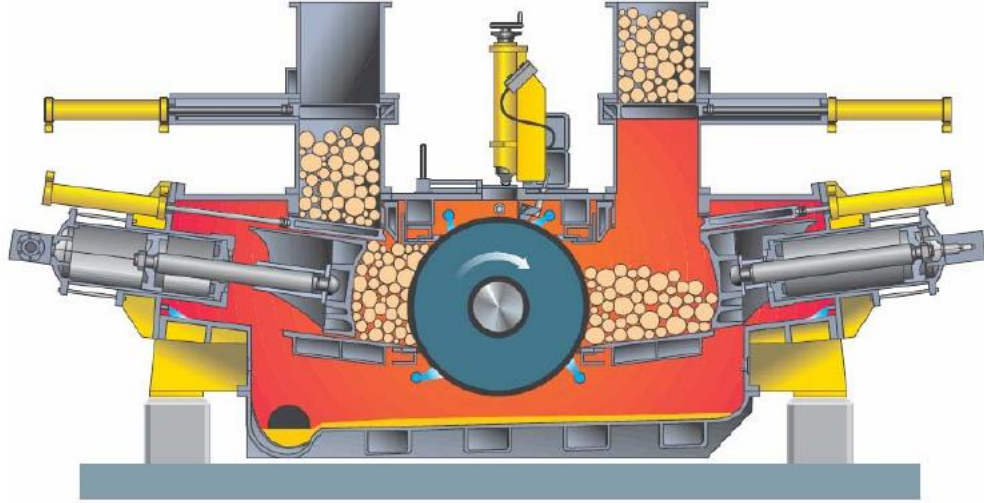
- Taş mekanik kağıt hamuru
- Basınçlı taş mekanik kağıt hamuru

- c. Yüksek basınçlı taş mekanik kağıt hamuru
- d. Termo taş mekanik kağıt hamuru
- e. Rafinör mekanik kağıt hamuru
- f. Basınçlı rafinör mekanik kağıt hamuru
- g. Termo mekanik kağıt hamuru
- h. Kimyasal mekanik kağıt hamuru
- i. Kimyasal termo mekanik kağıt hamuru

Mekanik kağıt hamuru üretiminden elde edilen verim %97 - %98 'lerde olurken, kimyasal kağıt hamuru üretiminde ise verim %45 - %50 civarındadır. Verimin yanı sıra düşük yatırım maliyetinin olması ve çok karmaşık olmayan bir üretim prosesinin olması da mekanik hamur üretiminin üstün yönleri olarak söylenebilir. Fakat çok kaliteli hammaddeye ihtiyaç duyması ve elektrik tüketiminin fazla olması mekanik kağıt hamuru üretim yönteminin eksi yönlerindendir. Mekanik kağıt hamurlarından opak ve hacimli kağıtlar üretmek mümkündür (Atik, 2016).



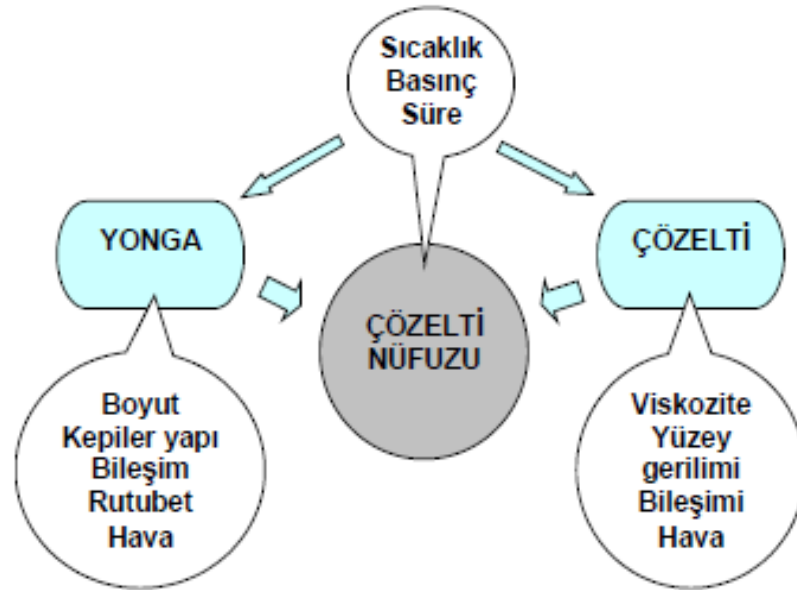
Şekil 1.33 : (A) Mekanik taş hamuru (B) Basınçlı mekanik taş hamuru (C) Termomekanik taş hamuru (Atik, 2016).



Şekil 1.34 : İki cepli basınçlı liflendirici (Atik, 2016).

1.5.2 Kimyasal hamur üretim yöntemi

Kimyasal hamur üretimi odunda bulunan lignini kimyasallar yardımıyla orta lamelden uzaklaştırarak lifleri serbest hale getirmeye dayanmaktadır. Kimyasal hamur üretimi sonunda mekanik bir etki olmadan veya çok az mekanik etki uygulanarak kağıt yapımına uygun bireysel lifler elde edilmiş olur. Verimli bir kimyasal hamur üretimi sağlamak için parametreler vardır. Bunlardan biri odun yonga boyutlarıdır. Yonga boyutları ne kadar birbirine yakın olursa uygulanan kimyasalın odun içerisine nüfuzu o kadar iyi olacaktır.



Şekil 1.35 : Yonga içine çözelti nüfuzunu etkileyen faktörler (Atik, 2016).

Şekil 1.35’de görüleceği üzere kimyasal hamur üretim yönteminde kullanılan çözeltilerin yonga içerisine nüfuzunu etkileyen birkaç parametre vardır. Yongaların boyutları, yapıları, bileşimleri, rutubetleri ve havası çözeltilerin nüfuzuna etki eden parametrelerdir. Kullanılan çözeltilerin viskozitesi, yüzey gerilimi ve bileşimi de yongalara nüfuzu etkilemektedir. Tüm bu parametreler sıcaklık, basınç ve süre ile ilişkilidir.

1.5.3 Yarı kimyasal hamur üretim yöntemi

Yarı kimyasal hamur üretiminde verim %90 civarındadır. İstenilen durumlarda odun yongaları öncelikle özel çözelti ile emprenye edilmektedir. Yongalara çözelti nüfuzu %2 civarındadır. Başka bir yöntem ibrelili odun yongalarının sodyum sülfat ve az miktarda alkali çözelti ile kısa süre pişirilmesidir. Bu prosesi takiben rafinörden geçirilen yongalardan nötral sülfite yarı kimyasal hamur üretilmiş olur ve verim %80 civarındadır. Elden edilen bu yarı kimyasal hamurlar çeşitli kimyasallarla ağartılabilir. Çok kademeli ağartma işlemine tabi tutulan bu yarı kimyasal kağıt hamurunda elde edilen beyaz hamurdan %20’lerde bir verim kaybı gözlemlenmektedir.

1.6 Türkiye’de Kağıt Endüstrisinin Hammadde Problemi

Ülkemiz orman kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu zenginliğe rağmen kağıt endüstrisinde hammadde kaynaklarında ciddi eksiklikler yaşamaktadır. Kağıt üretimi için ülkeden kaynakların elde edilmesinin yanı sıra dışa bağımlı bir haldedir (Çizelge 1.2, Çizelge 1.3) (Karademir ve diğ., 2012).

Çizelge 1.2 : Türkiye’de kağıt türlerine göre üretim miktarları (Ton) (Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, 2018).

	2017	2018
Gazete Kağıdı	0	0
Yazı-tabı Kağıdı	308.5000	308.500
Sargılık Kağıtlar	152.500	152.500
Oluklu Mukavva Kağıtları	2.940.500	2.940.500
Kartonlar	767.500	767.500
Temizlik Kağıtları	987.000	987.000
Sigara ve İnce, Özel Kağıtlar	15.000	15.000
TOPLAM	5.171.000	5.171.000

Çizelge 1.3 : Türkiye’de Kağıt Türlerine göre Tüketim Miktarı (1000 Ton) (Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, 2018).

	2013	2014	2015	2016	2017
Yazı-Tabı Kağıdı	1.204.143	1.206.573	1.177.169	1.202.181	1.203.430
Gazete Kağıdı	435.191	390.636	346.353	261.814	224.345
Sargılık Kağıtlar	220.950	227.054	329.139	288.791	344.859
Temizlik Kağıtları	402.222	438.265	494.484	539.566	560.588
Kraft Torba Kağıdı	113.245	124.350	-	-	-
Oluklu Mukavva Kağıdı	2.261.136	2.394.251	2.468.107	2.608.233	2.786.315
Kartonlar	1.000.810	1.003.515	1.026.093	1.078.303	1.180.065
Sigara ve İnce Kağıtlar	19.825	21.358	23.634	25.031	26.943
Toplam	5.657.522	5.806.002	5.864.979	6.003.919	6.326.345

1.7 Atık Kağıt Nedir?

Kağıt üretimi, sanayi devriminden sonra hızla artmıştır. Teknolojinin entegre olması ile birlikte büyüyen sektörde hammadde açığı oluşmaya başlamıştır. Bu sebeple son 50 yıldır kağıt sektöründe hammadde ihtiyacı karşılanması açısından odundan farklı olarak çeşitli kaynaklar kullanılmaya başlanmıştır. (Peşman ve diğ, 2010). Bu kaynaklar arasında atık kağıtlar, lifsel atıklar, tarımsal atıklar ve yıllık bitkilerdir. Bu sayede daha ulaşılabilir, ucuz ve doğaya verilen zararı en aza indirgeyebilecek kaynaklar kullanılmış olmaktadır (Tetik, 2021).

Birincil liflerden yapılmış ve kullanım yerinde kullanım ömrünü tamamlamış her tür kağıda atık kağıt denmektedir. Son zamanlarda ülkemizde kağıt üretiminde atık kağıt tüketimi hızla artış göstermektedir. Atık kağıt kullanımı hem çevreye hem de hammadde kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından faydalar sağlamaktadır. Atık kağıtların faydalarının yanı sıra hamurların drenajlarının düşük olması, sekonder lifler içermesi gibi dezavantajlar da vardır (İmamoğlu ve diğ, 2005).

1.7.1 Potansiyel atık kağıtlar

Birincil (primer) liflerden elde edilen kağıtlar kullanım yerlerinde kullanım ömürlerini tamamladıktan sonra atık duruma düşmektedirler. Bu atıl duruma gelen bünyesinde birincil lif barındıran tüm kağıtlar, kağıt sektörü için potansiyel atık kağıttır. Atık kağıtların kağıt üretimine hazırlanması aşamasında birincil lifleri tekrardan dövme işlemi uygulanacaktır (Şahin, 2016). Önceden dövülmüş lifleri tekrar dövmek lifleri

sekonder lif durumuna getirecektir. Bu sebeple atık kağıtlar sekonder liflerden oluşmaktadırlar. Potansiyel atık kağıtlarına örnek ofis, oluklu, kuşeli ve gazete atık kağıtları verilebilir (Şimşir, 2017).

1.8 Geri Dönüşüm

Kağıt üretiminde geri dönüşüm konusu çok eskilere dayanmaktadır. Geri dönüşümlü kağıtların üretilmesinde eski paçavra gibi maddelerin kullanılması da geri dönüşüm sayılmaktadır (Tuncer, 2010). Eskiden sadece kalitesiz ve niteliksiz kağıt üretiminde kullanılan bu paçavradan elde edilen lifler günümüzde çeşitli kağıtların üretimi için de kullanılmaktadır. Bu sebeple günümüzde geri dönüştürülen kağıtlardan elde edilen liflerin kağıt üretimine katkısı oldukça fazladır (Şahin, 2011).

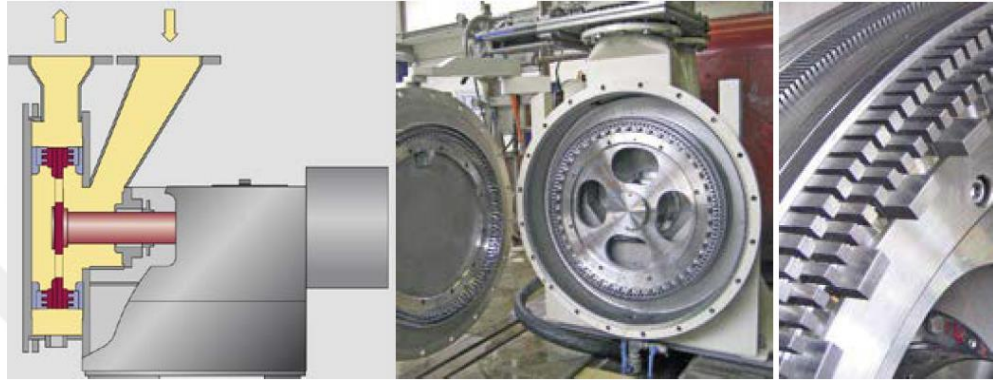
Günümüz dünyasında geri dönüşüm ve geri dönüştürülen ürünlerin tekrar piyasaya sunulması önemli bir konudur. Geri dönüşüm sayesinde çevreye daha az zarar vererek üretimin optimum olması çalışılmaktadır. Kağıtların geri dönüşümü ile lifler bir çok defa kağıt yapımında kullanılabilir (Tutuş, 2004). Geri dönüşüm için toplanan kağıtlar çoğumuzca “atık kağıt” olarak bilinmektedir. Fakat kağıdın atık olmadığı, geri dönüşüme müsait bir materyal olması sayesinde üretimde yerini koruduğunu belirtmekte fayda vardır. Sonsuz bir geri dönüşümden söz etmek mümkün değildir. Yapılan araştırmalar kağıt liflerinin 7-8 defa dönüştürülebildiğini göstermiştir.

1.8.1 Geri dönüşüm işlemleri

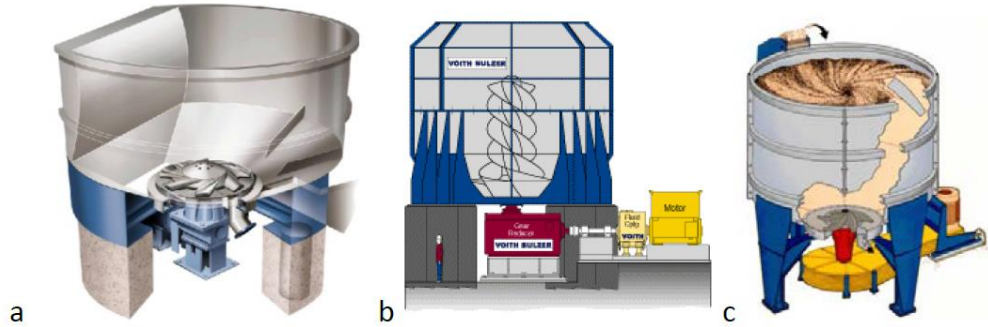
- a) Atık kağıt toplama: Kağıdın toplanması istenen kağıt özelliklerine göre farklılık gösterirken ülke ve bölgelerin atık kağıtları toplama sistemlerine göre de farklılık göstermektedir. Toplanan atık kağıtları hamur türüne göre üç ana gruba ayırmak mümkündür. Bunlar mekanik hamur, ağartılmış hamur ve esmer hamurlardır. Mekanik hamurlardan gazete ve dergiler, ağartılmış hamurdan ofis kağıtları, esmer hamurdan ise oluklu mukavva kağıdı üretilmektedir.
- b) Sınıflama: Toplanan atık kağıtlar içerisinde her türlü plastik, metal gibi istenmeyen maddeler içermektedir. Kağıtları bu maddelerden ayırmak önemli bir konudur. Fakat daha kaliteli ve kullanım yerinde kağıttan optimum özellik bekleniyor ise üretime geçmeden önce toplanan atık kağıtları kendi içerisinde sınıflandırmakta fayda vardır. Sınıflandırılan bu atık kağıtlar balyalandıktan

sonra yaklaşık olarak %90 oranında uzaklaştırılmış, yabancı maddelerden arındırılmış hali ile kağıt üreticilerine dağıtılmaktadır.

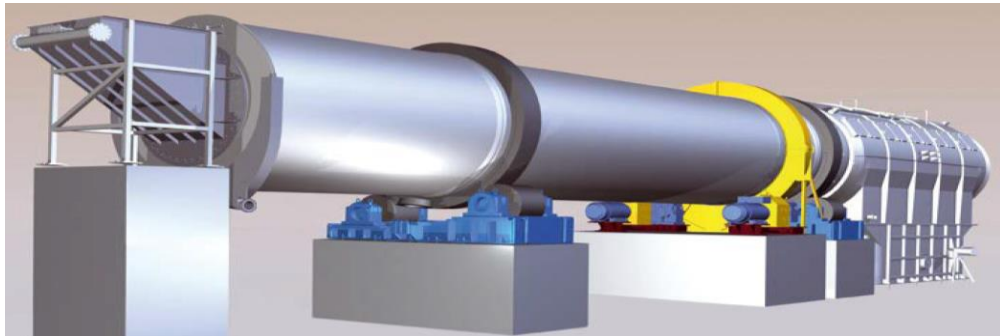
- c) Hamurlaştırma: Toplanan atık kağıtlar kuru haldedir. Bu hali ile kağıt üretilemez. Bu sebeple atık kağıtları su ile muamele edilerek, kurduğunda oluşan bağları serbest bırakmak suretiyle hamurlaştırma işlemi yapılmaktadır (Şekil 1.36 - Şekil 1.38). Islanan kağıtlarda bulunan lifler birbirlerinden ayrılacaktır ve serbestleşeceklerdir.



Şekil 1.36 : Lif açma makinesi (Voith) (Atik, 2016).



Şekil 1.37 : a) D şekilli düşük kesafet dikey hamurlaştırıcı b) Yüksek kesafet dikey hamurlaştırıcı c) Düşük kesafet silindirik hamurlaştırıcı (Atik, 2016).



Şekil 1.38 : Tek silindirik yatay hamurlaştırıcı (Atik, 2016).

Hamurlaştırma işleminde bazı parametreler vardır. Bunlara hamurlaştırıcı tipi, enerji miktarı, su sıcaklığı ve suyun durumu, katkı maddelerinin kullanımı ve kesafet örnek verilebilir.

- d) Eleme: Birincil liflerin eleme prensibiyle aynıdır. Atık kağıtların lif özelliklerini iyileştirmek için bağ oluşturabilme yetenekleri geri kazandırılmalıdır. Atık kağıtlarda yabancı maddeler çok bulunduğundan eleme işlemi son derece önem kazanmaktadır.
- e) Mürekkep giderme: Atık kağıtlar toplandığı şekliyle bünyesinde mürekkep bulundurmaktadır. Atık kağıtlardan kağıt hamuru üretiminde mürekkep giderme işlemi yapmak gerekmektedir. İki çeşit mürekkep giderme işlemi vardır. Biri flotasyon yani yüzdürmedir. Diğer mürekkep giderme işlemi ise yıkamadır. Flotasyon metodu ile daha yüksek verim elde edilmektedir ve proseste uygulanan su daha temiz kalmaktadır. Bu sebeple mürekkep gidermede flotasyon yöntemi daha çok tercih edilmektedir (Yetiş, 2014). Flotasyon (Yüzdürme) yönteminin temel prensibi mürekkeplerin hidrofobik, liflerin hidrofilik özelliklerinden faydalanmak suretiyle su etkisiyle liflerin mürekkeplerden arındırılmasına dayanmaktadır. Fakat bazı mürekkep parçacıkları hidrofilik olurken bazı lifler de hidrofobik özellik göstermektedir. Bu gibi durumlarda mürekkep giderme işlemlerinde sorunlar oluşabilmektedir (Peşman, 2010).
- f) Yıkama: Yıkama metodu ile mürekkep giderme işleminde büyük parçacıkların uzaklaştırılması flotasyon yani yüzdürme metoduna göre daha azdır.
- g) Ayıklama: Hidrosiklon kullanımı ile hamurda bulunan kirleticilerin ayıklanmasına denmektedir.
- h) Ağartma: Atık kağıtlardan lif kazanımı kimyasal ağırlıklı bir proses değildir. Bu sebeple ağartma işlemi uygulanması sınırlıdır. Bu ağartma işlemi hamurlaştırma esnasında uygulanabilirken daha sonra da uygulanabilmektedir. Atık kağıtların ağartılmasında genellikle FAS ve ditionit kimyasalları kullanılmaktadır (Roberts, 1997).

1.9 Literatür Araştırması

Atık kağıtların geri dönüşümüne bağlı çok sayıda çalışma mevcut olup, çok çeşitli atık kağıt değerlendirme metotları ve katkı kimyasalları ile ilgili bulgular vardır. Atık kağıtların geri dönüşümü ile mukavemetlerde düşme olduğu bilinmektedir. Atık kağıtlardan üretilen kağıtlar sekonder lif bulundurduğu için düşük mukavemet özellikleri üzerine çalışma yapmak zorunluluk haline gelmiştir. Atık kağıtların mukavemet özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan çalışmalar aşağıda kronolojik bir sırayla verilmiştir.

1943 yılında “Lane” lifler arası bağların sağlam olmasıyla hava direncinin arttığını gözlemlediği çalışma yapmıştır.

1961 yılında “Casey” yaptığı bir çalışmada kağıt ve özellikler kartonların su, mürekkep, yağ vb. sıvı maddeleri daha az absorbe ettiğini ortaya koymuştur.

1963 yılında “Vilars” yaptığı bir çalışmada kağıdın yırtılma direncini arttıran özellikler arasında lif uzunluğunun artması veya lifler arası bağ sayısının artmasıyla ilişkili olduğunu bulmuştur.

1969 yılında “Page” yaptığı bir çalışmada kağıdın sağlam olması için liflerin bireysel ve bağlarının sağlam olması sonucuna varmıştır.

1972 yılında “Brandon” yoğunluğun artması ile kağıdın hava geçirgenliğinin az olacağını ortaya koymuştur.

1972 yılında “Brandon” çok su emen kağıtların az dövülmüş veya hiç dövülmemiş liflerden oluştuğunu ortaya koymuştur.

1972 yılında “Brandon” kağıtta yırtılma direncini arttıran etkenler arasında lif bağlarının miktarı ve kalitesinin önemli bir rol oynadığını bulmuştur.

1985 yılında “Eroğlu” yaptığı bir çalışmada lifler arası bağlarının miktarı ve dövme miktarıyla patlama direncinin paralel bir artış gösterdiğini ortaya koymuştur.

1985 yılında “Eroğlu” yaptığı bir çalışmada kağıt hamuruna katılan dolgu maddelerinin lifler arası bağları zayıflattığını ve bu nedenle kullanım yeri mukavemetlerinde düşüş yaşandığı sonucuna varmıştır.

1996 yılında “Karademir” yaptığı bir çalışmada kağıdın yoğunluğunu etkileyen ana faktörler arasında süspansiyona katılan dolgu maddeleri, nişasta ve reçine gibi maddelerin olduğunu ve bu sayede lif bağlanmasının kuvvetli olduğunu bulmuştur.

1996 yılında “Karademir” yaptığı bir çalışmada kağıdın yoğunluğunun kağıdın opaklığı, rijitliği sağlamlığı ve porozitesi ile bağlantılı olduğunu bulmuştur.

2006 yılında “Özdemir” yaptığı bir çalışmada kullandığı oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarına %2,5’a kadar reçine katması sonucunda kağıtların kademeli olarak su itici özellik kazandığını ortaya koymuştur.

2006 yılında “T’anson ve arkadaşları” bireysel liflerin kalitesi, liflerin boy, saçaklanma derecesi ve lifler arası hidrojen bağları oluşumu konusunda detaylı bir çalışma yapmıştır. Lifler arası spesifik temas alanının son derece önemli olduğunu göstermişlerdir.

2010 yılında “Varlıbaş” yaptığı bir çalışmada AKD’nin, kağıt kurutma işlemi sürecinde eriyerek ince bir tabaka şeklinde lifleri kapladığını teyit etmiştir.

“Varlıbaş”ın 2010 yılında yaptığı bir çalışmada yüksek oranda iç yapıştırma yapılan kağıtların geri dönüşümünün zorlaştığı, bunda kağıtların pulperde zor ıslanması ve zor açılmasından kaynaklandığı görülmüştür.

2010 yılında “Varlıbaş” AKD ile ön modifiye edilmiş lifler katılarak el kağıtları üretilmiş ve reçine, parafin katılarak üretilen el kağıtları ile temas açısı yönünde karşılaştırma yapılmıştır. Ön modifikasyonla da kağıtların su direnci kazanacağı gösterilmiştir.

“Varlıbaş Başboğa ve Karademir” 2022 yılında fluting kağıt hamuruna AKD ve reçine maddelerini (%0, %0,50, %1, %2, %3) olmak üzere beş farklı oranda katmışlardır. Üretilen el kağıtlarına çok sayıda test yapılmış ve özellikle Cobb testi detaylı değerlendirilmiştir. AKD katılımı ile üretilen kağıtların reçine ile üretilen kağıtlara kıyasla daha iyi Cobb değeri verdiği gözlemlenmiştir. AKD’nin %1’den fazla kullanılmasının, kağıtların fiziksel özellikleri üzerinde çok fazla bir iyileşme sağlamadığını ve AKD’nin minimum oranda katılımının kağıdın fiziksel özelliklerini çok daha iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Kullanılan atık kağıtlar

Bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği'ne ait kağıt laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmada hammadde olarak kolay ulaşılabilirliği, ucuzluğu ve geri dönüştürülerek doğaya katkıda bulunması amaçlanan atık kağıtlar kullanılmıştır. Bu atık kağıtlar oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarıdır. Her kağıt türünden çalışmaya uygun yeterli miktarda temin edilmiş, aynı şartlarda saklanmış, aynı şartlarda hamurlaştırılmış, gerekli katkı maddeleri katılıp aynı şekilde kağıt yapma işlemi gerçekleştirilmiş ve test öncesi her bir kağıt aynı şartlarda kondisyonlu odada en az bir gün bekletilerek kondisyonlanması sağlanmıştır. Sonrasında yapılacak olan testler ilgili standartlara uygun yapılmıştır.



Şekil 2.1 : Atık kağıtlar (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe.

Şekil 2.1 'de görüleceği üzere temin edilen atık kağıtlar, 2 litre suda 24 saat bekletilmeden önce eşit boyutlarda olacak şekilde elde parçalanmıştır.

2.1.2 Kullanılan kimyasallar

Bu çalışmada Caran Kimya'dan temin edilen WP 1021 (%20'lik AKD), CK CAT 85 (kuru mukavemet-%15'lik Nişasta karışımı), TR DS 973 (kuru mukavemet-%8'lik

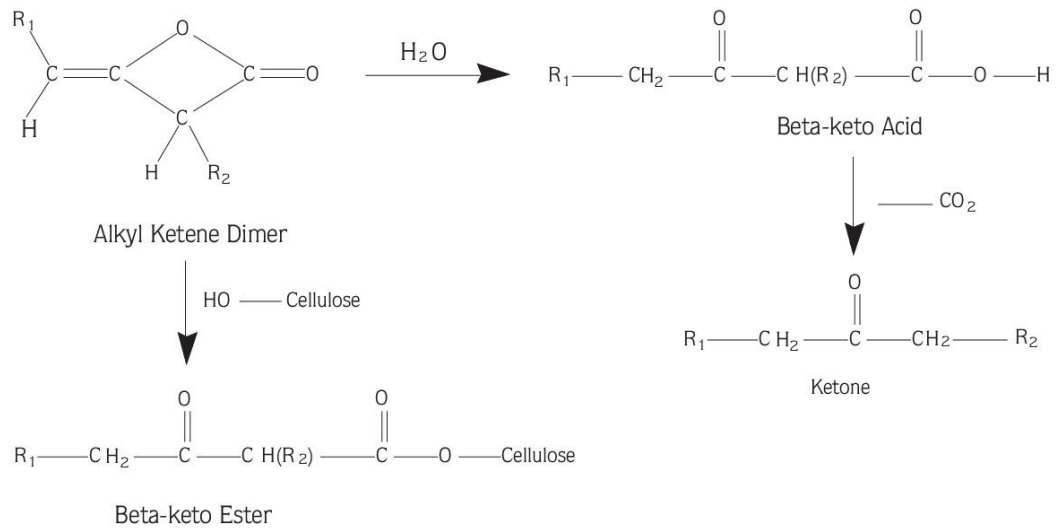
gpam) ve PROM C 80 (kuru mukavemet-%20'lik PAM) kimyasalları kullanılmıştır. Bu kimyasallara ait temel fiziksel ve kimyasal özellikler aşağıda verilmiştir.

AKD

Alkil keten dimer 1950'lerde Aquapei adı ile kağıt endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. AKD, kağıt endüstrisinde 30 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Selüloz ile ester bağları yoluyla reaksiyona girer. Nötr ila alkali pH değerlerinde çalışır ve kalsiyum karbonat ve şap içermeyen malzemeler kullanılarak kağıt üretimine olanak tanır (Güler ve diğ, 2015). Nötr ve alkali kağıt yapımında etkili bir yapıştırma ajanı olarak kullanılmaktadır. AKD özellikle su geçirmezlik için kullanılır. Hemen hemen her tür kağıtta kullanılır. Geri dönüştürülmüş kağıt yüksek oranda anyonik kontaminasyona sahiptir ve AKD bu anyonik kontaminasyona afinite göstererek kağıt ve dokudan daha fazla tüketime neden olur. Tüm kağıtlar dikkate alındığında 2-40 kg/ton kağıt tüketilmektedir. Kahverengi kağıt/gri kartonun ortalama kağıt tüketimi ton başına 8-15 kg'dır. Boş kağıt için tüketim 3-10 kg/ton'dur. Viyola üretiminde tüketim 25-40 kg/ton'dur. AKD' nin yapısı, temel fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.1 ve Şekil 2.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : AKD Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Görünüm	Sıvı, Beyaz
Koku	Karakteristik
pH	2-4 (25°C)
Bağıl yoğunluk	1,02±0,5 (g/ml, 250C)
Çözünürlük	Suda çözünebilir.
Akışkanlık	>20 (cPs, 250C)



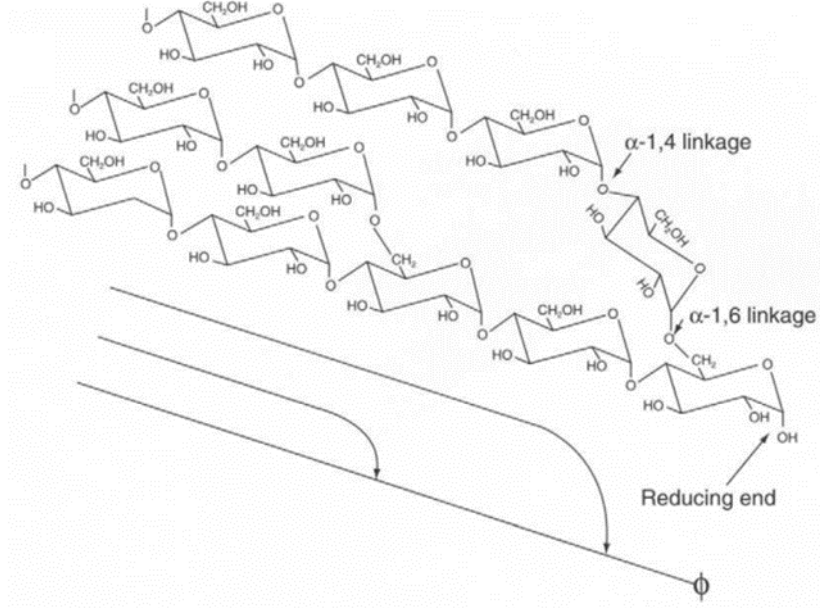
Şekil 2.2 : Alkil keten dimer yapısı ve potansiyel reaksiyonları (Karademir, 2002).

NİŞASTA

Özellikle kumaşlara kuru mukavemet kazandırmak için kullanılır. Kuru mukavemet, %15 nişasta kullanılarak 6-15 kg/ton kullanılarak %15-17 civarındadır. Nişasta, yapı olarak selüloza %95 benzer olduğundan dolayı kağıt için bir yapıştırıcı olarak kullanılır. Nişasta, selüloz ile güçlü kovalent bağlar oluşturur. Nişastalar genellikle mısır, buğday, patates, tapyoka ve diğer bitkilerden elde edilir. Biyobozunurluğu, yenilenebilir kaynak olması ve düşük maliyeti nedeniyle kağıt yapıştırıcı olarak kullanılır. Nişasta'nın yapısı, temel fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Nişasta Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Görünüm	Sıvı, beyazımsı
Koku	Veri mevcut değildir.
pH	7 ± 1
Yoğunluk (25°C)	$1,05 \pm 0,05$ g/ml
Çözünürlük	Suda çözünür
Akışkanlık (25°C)	1000 ± 500 cPs



Şekil 2.3 : Nişastanın genel moleküler yapısı (Mutlu, 2011).

PAM (%8)

Kahverengi kağıtta kuru mukavemet artırmak veya tissue'da geçici yaş dayanım sağlamak için kullanılmaktadır. Mukavemet sağlayabilmek için, lif ile ilk karşılaşması gereken kimyasal olduğu için makine büteden dozlanmaktadır. Bu kimyasalın doğası gereği, aktif maddesi %8'den yüksek olmamaktadır. Kuru mukavemet olarak, saf

GPAM, ton kağıda 3-8 kg GPAM kullanılmaktadır. Geçici mukavemet olarak, %8'lik GPAM, ton kağıda 8-15 kg kullanılmaktadır. %8'lik PAM'ın yapısı, temel fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.3 ve Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : %8'lik PAM Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

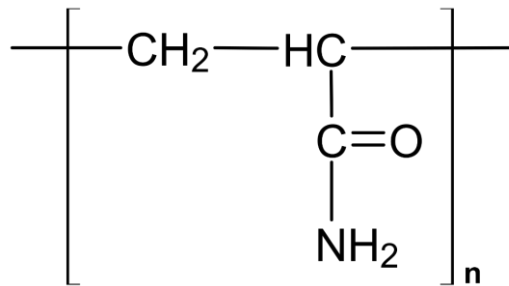
Görünüm	Şeffaf, sıvı
Koku	Kokusuz
pH	3 ± 1
Bağıl yoğunluk	$1,02 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
Çözünürlük	Suda çözünebilir.
Akışkanlık	$\leq 50 \text{ cPs}$

PAM (%20)

Kuru mukavemet artırmak amacıyla makine bütesinden hemen hemen her kağıda dozlanmaktadır. 6-15 kg/ton kullanılmaktadır. %20'lik PAM'ın temel fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 : %20'lik PAM Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Görünüm	Şeffaf, sıvı
Koku	Kokusuz
pH	8 ± 1
Bağıl yoğunluk	$1,06 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ (25°C)
Çözünürlük	Suda çözünebilir.
Akışkanlık	$<100 \text{ mPa.s (25°C)}$



Şekil 2.4 : Poliakrilamid (PAM) molekül yapısı (Eroğlu ve Usta, 2004).

2.2 Yöntem

2.2.1 El kağıdı üretimleri

Farklı atık kağıtlardan standart metotlara göre laboratuvar ortamında yarı otomatik Rapid Köthen cihazında 100 g/m^2 gramajda çok sayıda el kağıtları yapılmıştır. Çalışmalarda dört tip kağıt ve dört ayrı kimyasal kullanılmıştır.

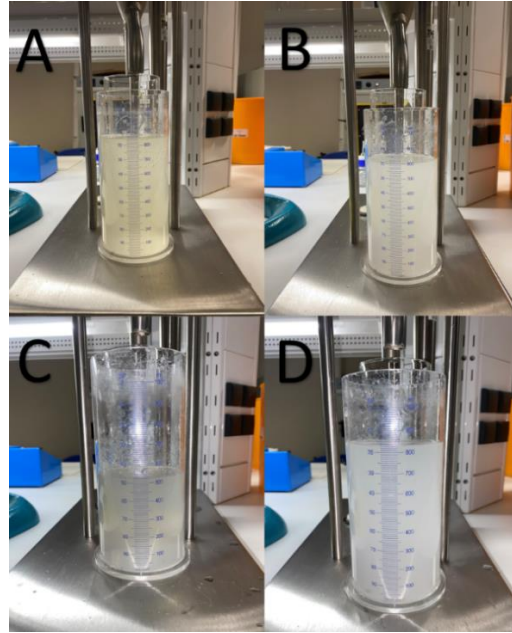
2.2.1.1 Kesafet hesabı

Rutubetlerinin yaklaşık değerleri bilinen atık kağıtlar aynı şartlar altında suda bekletilmiştir. Suda bekletilen atık kağıtlar 10.000 ml su içerisinde 100 gram fırın kurusu olacak şekilde hamur süspansiyonu oluşturulmuştur. Bu hesap ile süspansiyonun kesafeti %1'dir ve bu kesafet dikkate alınarak kağıt örnekleri yapılmıştır.

2.2.1.2 Schopper Riegler tayini

Lif süspansiyonunun süzülme yeteneğini ölçen en eski ve halen en çok kullanılan bir yöntemdir. Temel olarak 1 litre su içerisinde 2 gram lif olacak şekilde elde edilen süspansiyon, kapağı kapatılmış, altında elek bulunan cihaz içine dökülür ve kapağın ani kaldırılmasıyla su akıtılması prensibine dayanır. Biri büyük biri küçük iki adet delik bulunan schopper riegler cihazında büyük delikten akan su SR° mezuruna dolmaktadır ve durduğu yerde bize SR° değerini vermektedir. Elekten ve süzüntü sularından çıkarılan lifler değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulur ve SR° düzeltme eğrisinde gerekli ise düzeltme yapıp gerçek SR° değeri kayıt edilir (Eroğlu, 2003).

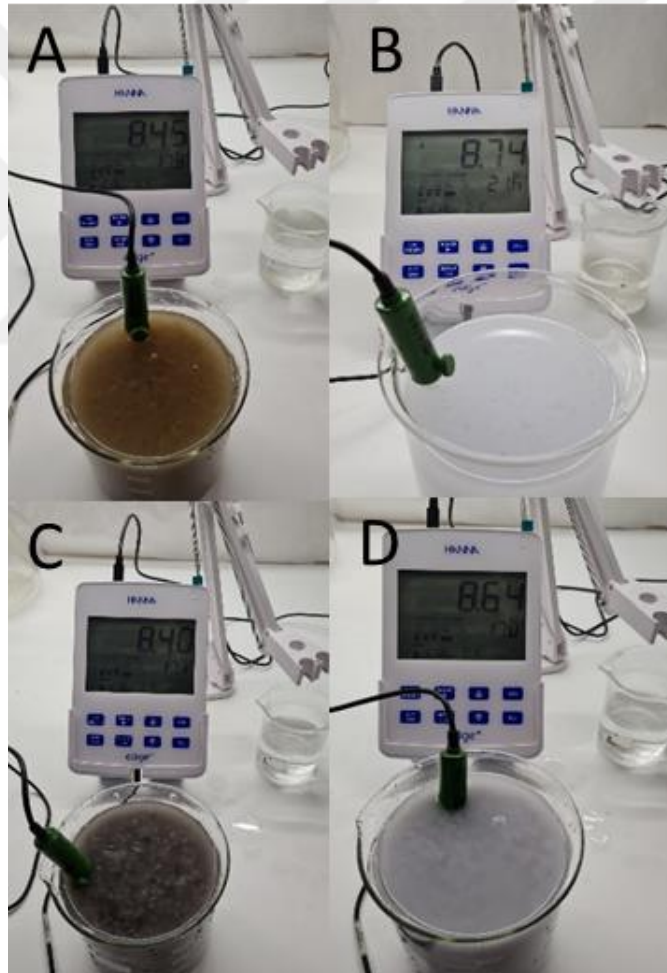
Hamur süspansiyonunun kesafeti %1 olduğu bilinmektedir. Schopper Riegler testi için gerekli 2 gramı almak için hamurdan 200 ml alınmıştır. Alınan 200 ml 1 litreye çeşme suyu ile tamamlanmıştır ve teste tabi tutulmadan önce iyice karıştırılmıştır. Tüm proses tappi standartına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete ve (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait Schopper Riegler tayini.

2.2.1.3 Hidrojen potansiyeli ölçümü

Kağıt üretiminde pH'ın ayarlanması, katkı maddeleri, dolgu maddeleri, iç yapıştırma, yüzey yapıştırma gibi birçok önemli işlemten önce yapılması gereken önemli bir işlemdir. Ph, çözeltinin asit veya baz olduğunu anlamamızı sağlayan bir ölçü birimidir. Adı hidrojenin potansiyelinden gelmektedir fakat bu tanımın tam olarak doğruluğu kesin değildir. Kağıtta tüm tutunma mekanizmaları yüke bağlıdır. Kullanılan katkı maddeleri iyoniktir ve pH'ın değişimi bu katkı maddelerinin işlevselliğini önemli derecede etkilemektedir. Ph'ın düşük olduğu asidik ortamlarda hidrojen iyonları karboksil grupları üzerindeki anyonik yükü nötralize eder. Ph'ın yüksek olduğu bazik ortamlarda selüloz üzerinde bulunan karboksil gruplar protonlaşarak yüklü bölge alanını genişletirler ve sonuç olarak yük yoğunluğu artmış olur (Eroğlu & Usta, 2004).

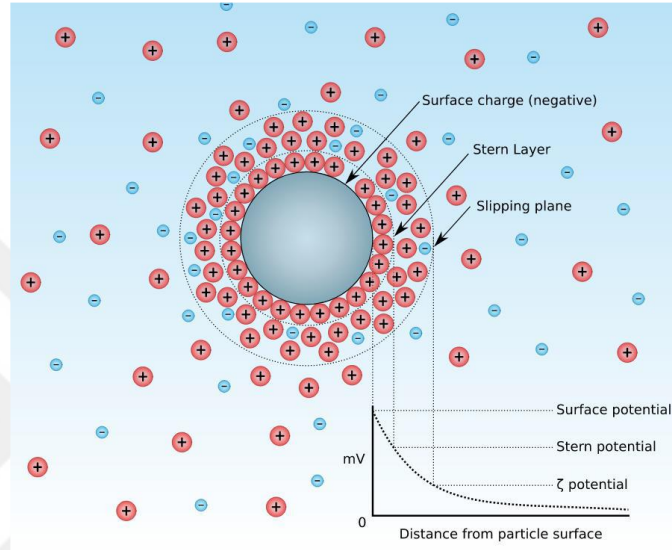


Şekil 2.6 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait pH ölçümleri.

Şekil 2.6’da görüleceği üzere laboratuvar tipi pH metre ile çalışmada kullanılan atık kağıtlardan elde edilmiş kağıt hamurlarının pH değeri ölçülmektedir.

2.2.1.4 Zeta potansiyeli ve iletkenlik ölçümü

Zeta potansiyel bir maddedeki veya çözeltideki parçacıkların birbirlerini çekme veya itme değerlerinin ölçülmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 2.7). Kağıt üretiminde liflerin yüklerinin durumu, uygulanacak katkı maddeleri açısından önemlidir. Lifler su içerisinde negatif yüklüdürler. Liflerin zeta potansiyel değerlerinin ölçülmesi sayesinde hamura katılacak yardımcı maddelerin miktarını tayin etmiş oluruz (Dizer, 2010).



Şekil 2.7 : Kolloidal parçacıkların etrafındaki elektriksel çift tabaka (Malzeme üretim ve karakterizasyonu deney föyü, 2018).



Şekil 2.8 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından oluşturulan hamurlara ait zeta potansiyel ölçümü.

Şekil 2.8’te görüleceği üzere kağıt hamurlarının zeta potansiyel ve iletkenlik değerleri ölçülmektedir.

2.2.1.5 El kağıdı yapımı

Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği kağıt laboratuvarında bulunan Rapid Köthen’in elek çapı 22,5 cm olarak ölçülmüştür. Hesaplamalar neticesinde alanı 397,4 cm² bulunan elek alanı 400 cm² olarak kabul edilmiş ve buradan 100 g/m² gramajda üreteceğimiz el kağıtları için ne kadar hamur gerektiği hesaplanmıştır. 1 m² 10.000 cm² olduğu için 400 cm² alana tekabül eden fırın kurusu hamur süspansiyon miktarı aşağıda ki hesaplamalar ile bulunmuştur.

$$A = \pi r^2 \quad (2.1)$$

Denklem 2.1’de görüleceği üzere A, alanı, π , π sayısını, r, yarı çapı ifade eder.

$$A = (3,14)(11,25)^2$$

$$A = 397,4 \text{ cm}^2$$

A, üretilecek el kağıdının yüzey alanıdır. %1 kesafette hamur süspansiyonundan 100 g/m² (g) 400cm² (A) yüzey alanında el kağıtları üretmek için ne kadar (G) alınması gerektiği hesaplanmıştır.

$$G = (A * g) / 1 \text{ m}^2 \quad (2.2)$$

100 g hava kurusu atık kağıt tartılmış, 2 lt su içerisinde 24 saat bekletilmiş ve 7000 devirde laboratuvar tipi disintegratörde açılarak hamurlarımız elde edilmiştir. Elde edilen hamura 8 lt su ilave edilerek 10 lt içerisinde 100 g olacak şekilde kesafeti %1 olan lif süspansiyonu elde edilmiştir. Kova içerisinde hesaplamalar neticesinde 400 ml alınmıştır. 2.2 denklemine göre her bir el kağıdı için %1 kesafette hazırlanmış hamurlardan 400 ml alınması gerektiği hesaplanmıştır.



Şekil 2.9 : Laboratuvar koşullarında yapılan el kağıtları (Soldan sağa sırasıyla; oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtları).

Dört farklı atık kağıttan oluşan hamurların her birine sırasıyla %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında dört farklı kimyasal katılarak çok sayıda el kağıtları üretilmiştir (Şekil 2.9).

2.2.2 Kağıda yapılan testler

2.2.2.1 Cobb testi

Cobb testi, belirli bir süre belirli bir alanı su ile temas eden kağıdın m²'de toplam absorbe edebileceği su miktarını belirler. Cobb deneyi, Tappi T 441 om-98 standartına uygun olarak yapılmıştır. Kondisyonlu kağıtlar, Cobb halkasında belirli miktarda saf su ile belirli süre bekletilmiş ve su boşaltılarak kağıt üzeri emici keçe ile temizlenmiş ve tartılmıştır (Şekil 2.10). Daha sonra standartta belirtilen formül kullanılarak kuru ve yaş tartım arası farklar hesaplanmıştır (TAPPI T 441 om-98).

$$\text{Cobb Değeri} = (\text{ikinci tartım} - \text{ilk tartım}) * 100 \text{ gr/cm}^2 \quad (2.3)$$

Denklem 2.3'de görüleceği üzere ikinci tartım, su ile temasından sonraki tartımı gram olarak, ilk tartım, su ile temasından önceki, başlangıç tartımı gram olarak ifade eder.



Şekil 2.10 : Cobb ölçüm aleti.

2.2.2.2 Patlama testi

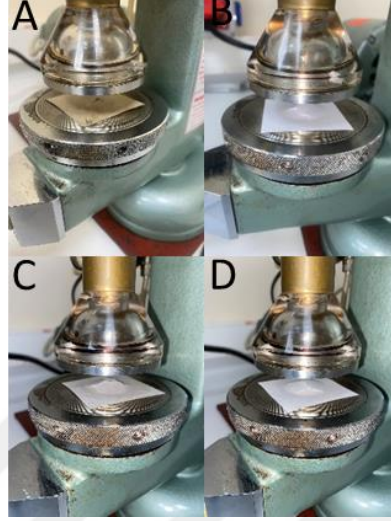
Kağıdın statik sağlamlığını ölçmede özellikle ambalaj kağıtlarında en çok kullanılan bir testtir. En çok kullanılmasının nedenleri arasında çok basit uygulanışı ve kısa sürüyor olması gelmektedir (Eroğlu, 2003).

Patlama testi için hazırlanmış kağıtlar 31,5 mm çapındaki kauçuk diyaframa yerleştirilmiştir. Test başlatılmış ve dijital göstergede verilen kPa değeri not edilerek

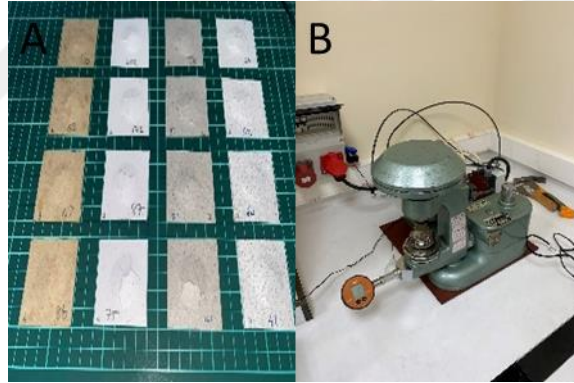
formülde yerine koyulmuştur ve hesaplamalar yapılmıştır. Patlama indisi aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Şekil 2.11, Şekil 2.12);

$$\text{Patlama indisi} = P/W \text{ (kPa*m}^2\text{/gr)} \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'te görüleceği üzere P, patlama kuvvetini, W, gramajı (gr/m^2) ifade eder.



Şekil 2.11 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarına yapılan patlama testi.



Şekil 2.12 : (A) Patlama testi yapılmış kağıtlar (B) Patlama testi cihazı.

2.2.2.3 Çekme direnci testi

Statik bir sağlamlık olan çekme direnci, bir kağıdın direkt gerilime karşı gösterdiği kuvvettir. Kağıdın çekme direnci lifler arası bağların sayısı ve sağlamlığına bağlıdır (I'anson ve diğ, 2006).

Testte 150*15 mm bir kağıt örneği biri hareketli biri sabit iki kısıpaca tutturulmuştur. Cihazın bağlı olduğu bilgisayardan test başlatılmıştır. Kağıdın koptuğu noktada test durdurulmuştur. Cihazın verdiği kilonewton/m değeri hesaplanmalarda kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 2.13, Şekil 2.14).

Çekme direnci hesabı:

$$X1 = a/b \quad (2.5)$$

Denklem 2.5'te görüleceği üzere X1, çekme direncini (kN/M), A, newton cinsinden maksimum çekme kuvvetini, B, şerit genişliğini (15 mm) ifade eder.

Çekme direncinin yanı sıra çekme indisi, kopma uzunluğu ve % uzama değerleri de hesaplanmıştır.

Çekme indisi hesabı:

$$X2 = (1000 \cdot X1)/W \quad (2.6)$$

Denklem 2.6'da görüleceği üzere X2, çekme indisini (Nm/gr), X1, ortalama çekme direncini (kN/M), W, gramajı (gr/m²) ifade eder.

Kopma uzunluğu hesabı:

$$\text{Kopma uzunluğu} = (R \cdot 1000)/g \cdot a \quad (2.7)$$

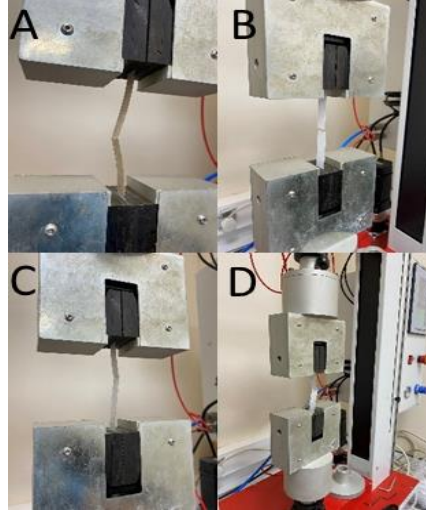
Denklem 2.7'de görüleceği üzere R, gram cinsinden kopma kuvvetini, g, kağıdın genişliğini (15 mm), a, gram cinsinden kağıdın m² ağırlığını ifade eder.

$$\text{Uzama \%} = (L-I)/I \cdot 100 \quad (2.8)$$

Denklem 2.8'de görüleceği üzere L, uzamadan sonraki uzunluğu, I, başlangıçtaki uzunluğu ifade eder.



Şekil 2.13 : Çekme test cihazı.



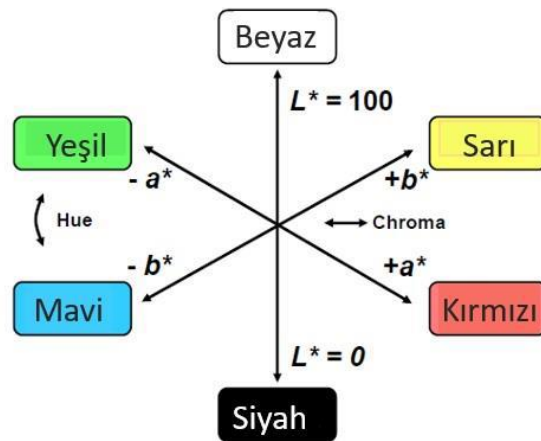
Şekil 2.14 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından üretilen kağıtlara yapılan çekme testi.

2.2.2.4 Renk ölçümü

Günümüzde en çok kullanılan ve renk ölçümünde kabul görmüş CIE $L^*a^*b^*$ parametreleri ile Konica-Minolta 2600d cihazı kullanılarak ölçüm yapılmıştır (Şekil 2.16). L^* açık renkliliği ifade etmektedir. a^* ve b^* kromatik koordinatları ifade etmektedir (Arpacı, 2020) (Çizelge 2.5, Şekil 2.15).

Çizelge 2.5 : Renk Uzaklıklarına Ait Değer Tablosu (Özcan, 2008).

ΔE	Renk Farkı
0	Yok
1	Çok küçük
2	Küçük
3	Orta
4	Büyük
5	Çok büyük



Şekil 2.15 : L^* , a^* ve b^* renk aralıkları için koordinat sistemi (Çınar, 2018).

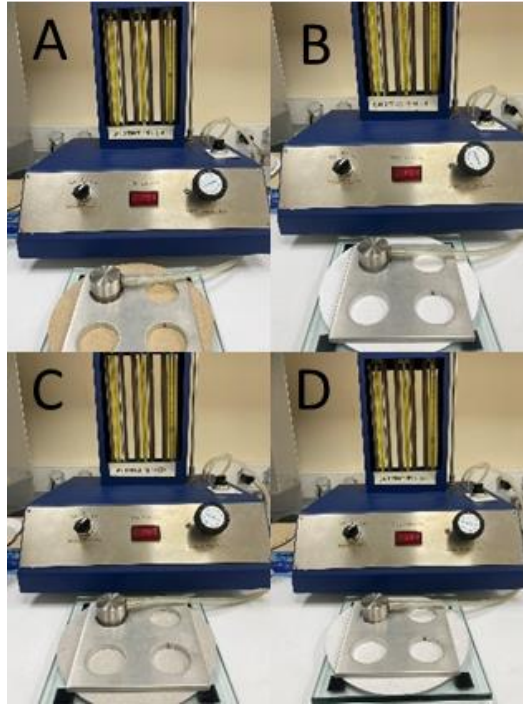


Şekil 2.16 : Renk Ölçümü.

2.2.2.5 Yüzey düzgünlüğü testi

Yüzey düzgünlüğü iki ana başlığa ayrılmaktadır. Bunlar serbest yüzey düzgünlüğü ve basınç altındaki yüzey düzgünlüğüdür (Eroğlu, 2003).

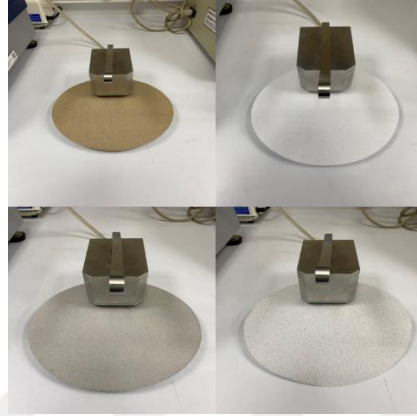
Deneyde kağıtlara basınç uygulanmıştır ve cihaz ölçüm metresinde okunan değer yüzey düzgünlük değerini vermiştir. Her kağıt türü test edilirken dört farklı noktadan ve iki yüzeye de uygulama yapılmıştır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarından üretilen kağıtlara yüzey düzgünlüğü testi.

2.2.2.6 Hava geçirgenliği testi

Kağıdın kullanım yerine bağlı olarak yapısının geçirgenliği önem kazanmaktadır. Kağıdın bu geçirgen yapısı sıvı ve mürekkepleri absorbe etme özelliklerini etkilemektedir. Ambalaj kağıdı gibi sıvı nüfuzu istenmeyen kağıt türlerinde geçirgenlik değerinin de az olması istenmektedir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 : Laboratuvar ortamı hava geçirgenliği testi.

2.2.2.7 Kül tayini

Kül deney örnekleri içerisinde organik maddelerin yanma derecesine getirerek yakma işlemi sonrasında kalan maddedir. Deney Tappi T 211 om-93 kül testi standartına uygun olarak 525°C ve 900°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir ve aşağıdaki formül ile yüzde kül miktarı hesaplanmıştır (Şekil 2.19).

$$\%K\ddot{u}l\ miktari = \frac{M2-M1}{M0} * 100 \quad (2.9)$$

Denklem 2.9’de görüleceği üzere M2, kroze, kapak ve külün kütlesini gram cinsinden, M1, boş kroze ve kapağının kütlesini gram cinsinden, M0, deney parçasının kütlesini gram cinsinden ifade eder.



Şekil 2.19 : Kül fırınında kül tayini.

2.2.2.8 Kalınlık ölçümü

Kağıdın kalınlığı kullanım yeri bakımından önemli bir özelliktir. Bundan daha önemli olarak kağıdın yoğunluğunu hesaplamada kullanılır. Kağıdın kalınlığı bir tek kağıt safihasının alt ve üst yüzeyi arasındaki mesafenin mm değeridir. Ölçülen değer mikron cinsindende ifade edilir. Kağıdın kalınlığı önemli özelliklerinden biridir. Dövme miktarı arttıkça kalınlık azalır. Kağıdın kalınlığı birim hacimdeki kütle miktarıdır ve gr/cm^3 olarak ifade edilir (Eroğlu, 2003) (Şekil 2.20).

$$\text{Yoğunluk} = \text{m}^2 \text{ ağırlık} / \text{kalınlık (mikron)} \quad (2.10)$$

Denklem 2.10’da görüleceği üzere m^2 ağırlık, kağıdın ağırlığının m^2 ’deki değerini, kalınlık, kağıdın kalınlığını ifade eder.



Şekil 2.20 : Kalınlık ölçüm aleti kalınlık ölçümü.

2.2.2.9 Temas açısı testi

Cobb ve Lowe’ye göre yapıştırma maddeleri sıvı damlasıyla kağıt arasındaki temas açısını büyütürler. Bu nedenle bu temas açısının ölçülmesi kağıdın sıvı absorpsiyon kapasitesini belirlemede iyi bir yöntemdir. Ölçülen açı kağıt ile su, mürekkep ve diğer sıvılar arasında sıvı damlasının kağıt yüzeyine konmasından 5 sn sonra ölçülen açıdır. Bu açı damlanın kağıt ile temas ettiği noktadan sıvı yüzeyine çizilen tanjant doğrusunun yatayla yaptığı açıdır (Aydemir ve diğ, 2018) (Şekil 2.21).

Kağıtların ıslanabilirliği bilgisayar entegreli bir TMI Cep Gonyometresi Model PG-X (FIBRO Systems AB Stockholm, İsveç) kullanılarak sesil water damla yöntemi ile

ölçülmüştür (Şekil 2.21). Sessile Su damlacığı, sabit deney koşulları altında ve eşit hacimde kağıt yüzeyine yerleştirildi. Sabit su damlasının (damıtılmış su) kağıtlar üzerindeki hacim değişimi ve temas açısı bir CCD video kamera ile zamana bağlı olarak (50 veri/dakika), ilk temas anından itibaren hem ölçülmüş hem de fotoğraflanmıştır (TAPPI T 558 om-97) (Aydemir ve diğ, 2018).

Kağıtların yüzey “serbest” enerjisi (SFE), temas açısına bağlı olarak ASTM D5946-0 standart test yöntemine göre hesaplanmıştır. Kağıtlar arasındaki farklar, sıvı-katı temas açısı ve yüzey enerjisi temelinde gösterilmiştir (Aydemir ve diğ, 2019).



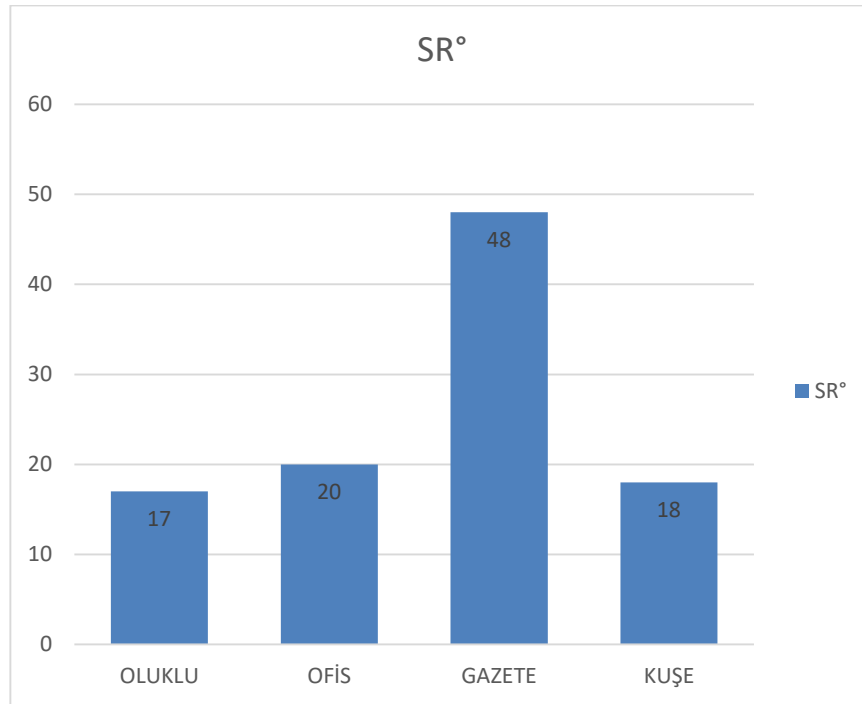
Şekil 2.21 : TMI Cep Gonyometresi Model PG-X (InQuality, 2023).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarından elde edilen hamurların herbirine ayrı ayrı AKD, nişasta, %8 PAM ve %20 PAM kimyasalları %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında katılmıştır. Kimyasal katılmış kağıtlara yapılan test sonuçları aşağıda detaylı olarak gösterilmiştir ve anlatımlarla desteklenmiştir.

3.1 Schopper Riegler

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi oluklu atık kağıdı 17 SR°, ofis atık kağıdı 20 SR°, kuşe atık kağıdı 18 SR° ve gazete atık kağıdı 48 SR° serbestlikte olduğu bulunmuştur. Gazete atık kâğıdının mekanik hamurdan üretildiği, liflerinin küçük ve kırıntılardan oluştuğu, içerisinde %5 civarında kaolin dolgusu olduğu hesaba katılırsa hamur serbestlik değeri daha iyi anlaşılabilir. Gazete hamurunun Schopper eleğini hızla tıkadığı ve su geçişini zorlaştırdığı görülmüştür. Bununla beraber diğer atık kağıt hamurlarında genel olarak uzun elyaflar bulunduğu için ve dolguların da süzülmede elek altına kaçtığı bilindiği için Schopper değerinin düşük olması anlamlıdır.



Şekil 3.1 : Atık kağıtların Schopper Riegler Sonuçları.

3.2 Hidrojen Potansiyeli

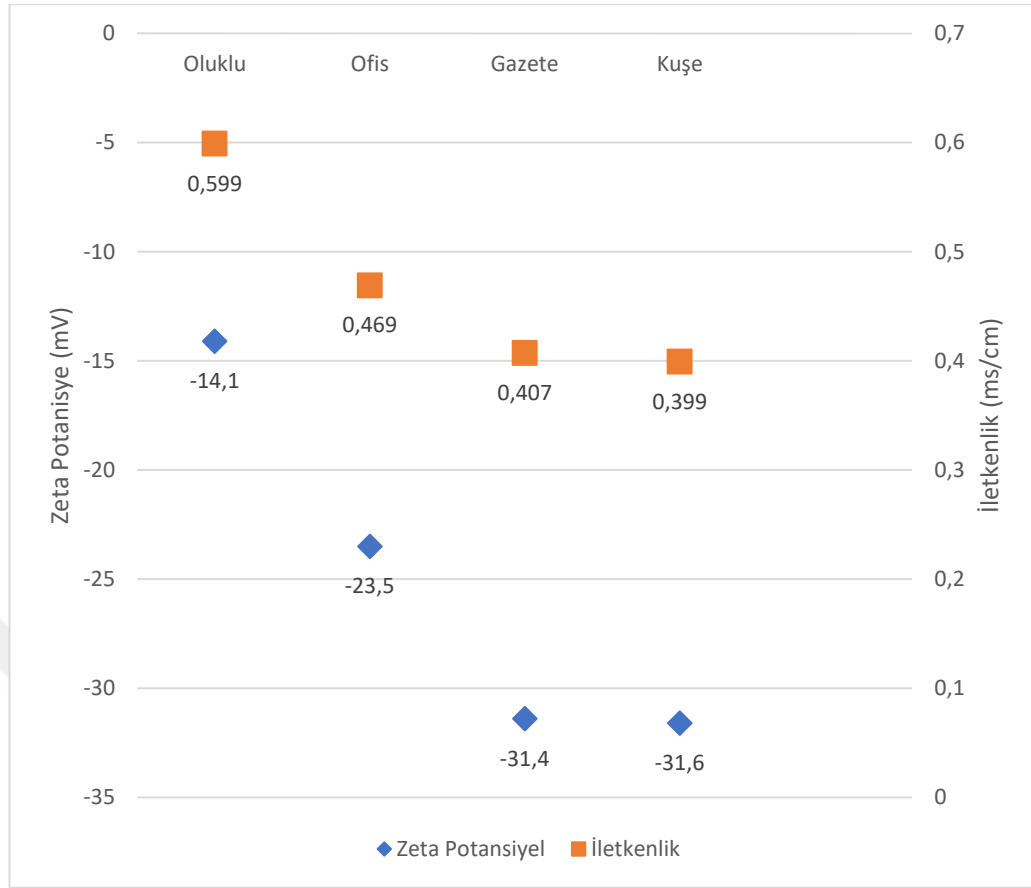
Hamurların pH değeri içerisinde bulunan hidrojen ve hidroksil iyonlarının sayısıyla ilişkilidir. Yapılan ölçümler hamurların alkali olduğunu dolayısıyla hidroksil iyonlarının daha fazla olduğunu göstermiştir (Çizelge 3.1). İyonların dengede olduğu durumda pH'ın 7 seviyesinde olduğu bilinmektedir.

Çizelge 3.1 : Kağıt türlerinin pH değerleri.

Kağıt Türü	pH
Oluklu	8,45
Ofis	8,74
Gazete	8,40
Kuşe	8,64

3.3 Zeta Potansiyeli ve İletkenlik

Zeta potansiyelin ve iletkenlik değeri hamurlarda yakın paralellik göstermektedir. Bu değerler hamur içerisinde bulunan elektrostatik yükler, inorganik dolgular, kimyasal katkıları ve hamurların hidroksil grup sayılarıyla çok yakın ilişkidirler. Oluklu hamuru zeta potansiyel ve iletkenlik değerleri -14.1 mV ve 0.599 ms/cm iken, kuşe hamurunda bu değerler -31.6 mV ve 0.399 ms/cm çıkmıştır. Diğer hamurlar ise arada kalmıştır. Değerler tamamen hamurda bulunan inorganik bileşenler ve elektrostatik yük dengesiyle bağlantılıdır. Kuşe kâğıdı %40 civarında dolgu ve çeşitli kuşe kimyasalları içerdiğinden yüksek negatiflikte çıkması doğaldır. Gazete hamurunda da yüksek oranda kırıntı, baskı malzemelerinden gelen kimyasallar ve metal iyonlarına bağlı olarak zeta ve iletkenlik değerleri kuşe hamuruna yakın çıkmıştır. İyonları zengin olan bir sıvıda elektron hareketinin de çok hızlı olması beklenir. Sonuçlar bunu doğrulamaktadır. Bu hamurlardan kağıt yapılırken herhangi bir kimyasal katmadan önce yük dengesi yapmak özellikle kuşeli hamurlarda çok daha kritik olacaktır. Zeta potansiyelin 0 ile -15 arasında ayarlanması katkı kimyasallarının performansları açısından daha iyi sonuç verecektir (Şekil 3.2).

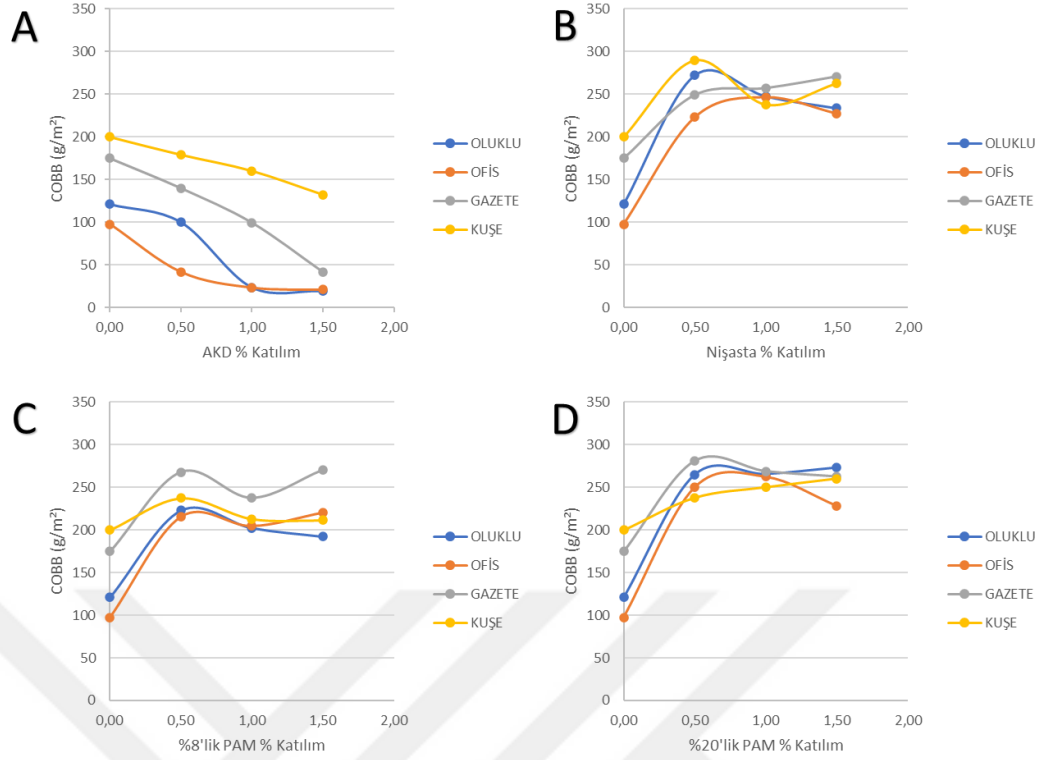


Şekil 3.2 : Oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarının zeta potansiyel ve iletkenlik değerleri.

3.4 Cobb

AKD kimyasalının katılımı sayesinde iç yapışma iyileşmektedir ve lifler üzerinde bir tabaka oluşmaktadır. Bu sayede AKD katılım oranı arttıkça kağıtların aldığı su miktarı azalmaktadır (Varlıbaş, 2010). Ofis atık kağıdına %1'den sonra AKD katılımı çok etki etmeyecektir. Kullanılan kimyasallardan özellikle AKD, kağıtları hidrofobik yapmak için dizayn edilmiş olup, diğer kimyasallar genelde tutunma ve mukavemet iyileştirmeleri için kullanılmaktadır (Karademir, 2001). Şekil 3.3 bu durumu açıkça göstermektedir.

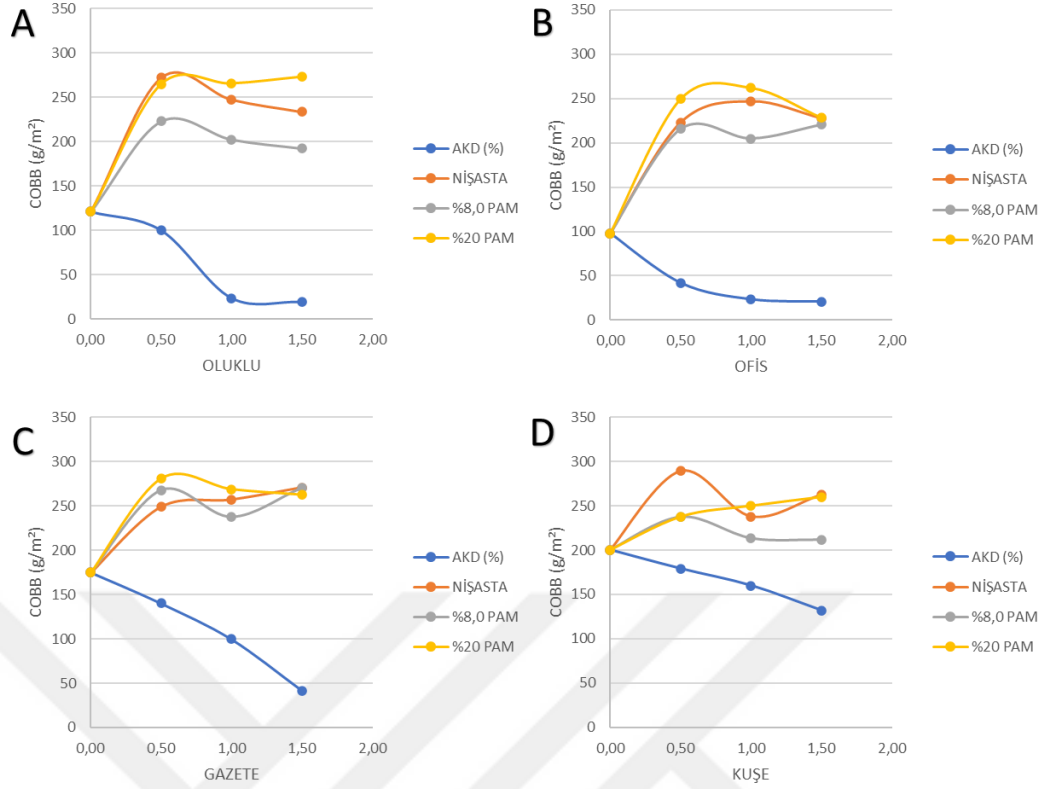
AKD katılımının Cobb değeri açısından en fazla ofis kağıdında iyileştirme yaptığı, en az ise kuşe atık kağıtta etkili olduğu görülmektedir. Kullanılan kimyasalların performansını, hamurdaki kırıntı, toz ve özellikle dolgu maddesi oranının çok etkilediği bilinmektedir (Karademir, 2001).



Şekil 3.3 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile Cobb değerlerinde meydana gelen değişimler.

Şekil 3.3'te görüleceği üzere AKD katılımının özellikle ofis kağıtlarında en fazla kuşe hamurunda en az etkili olduğu görülmüştür. AKD performansının diğer birçok kimyasalda da olduğu gibi hamurdaki yüzey alanını artıran faktörlerden (dolgu, kırıntı, kirlilik vb.) olumsuz etkilendiği bilinmektedir. Şekil A'da görüldüğü üzere AKD katılım oranına göre kağıdın su itme özelliğinde bir artış gözlemlenmiştir. B, C ve D grafiklerinde kullanılan nişasta, %8'lik ve %20'lik PAM kimyasallarının kâğıdın su itme özelliğine etkisinin az olduğu sonucuna varılmıştır.

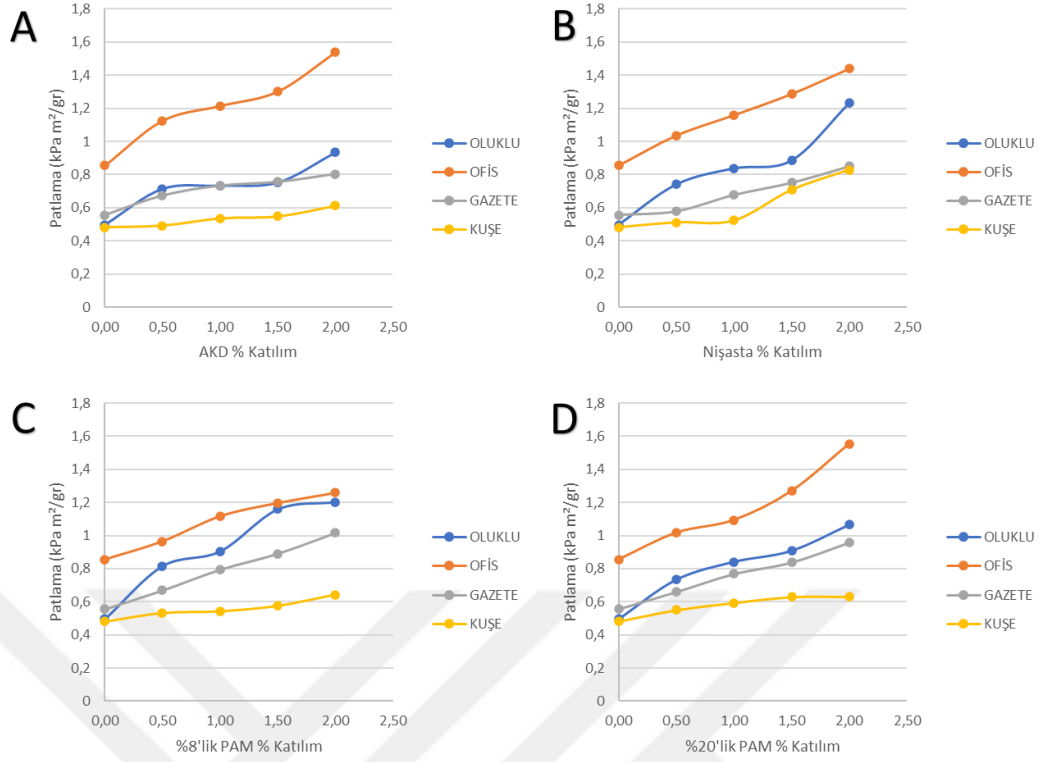
Aşağıda tüm kimyasalların her bir kağıda etkisi ayrı ayrı grafiklerde verilmiştir. Şekil 3.4'te görüldüğü üzere kağıdın su iticiliğine en çok etkiyi tüm kağıt türlerinde AKD göstermiştir. Oluklu atık kâğıdında başlangıçta 121 g/m² olan cobb değeri, %0.5, %1.0 ve %1.5 AKD katılımı ile sırasıyla 100 g/m², 24 g/m² ve 19 g/m² değerlerine kadar düşmüştür. Buna karşın nişasta ve pam katılımlarının oluklu kağıdına hidrofobiklik kazandırmadığı görülmüştür. Ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarında da AKD katılımı ile kağıtlar su itici özellik kazanmışlardır. Nişasta ve PAM'ların katılımlarının, atık kağıtların su itme özellikleri üzerine etkileri olmamıştır.



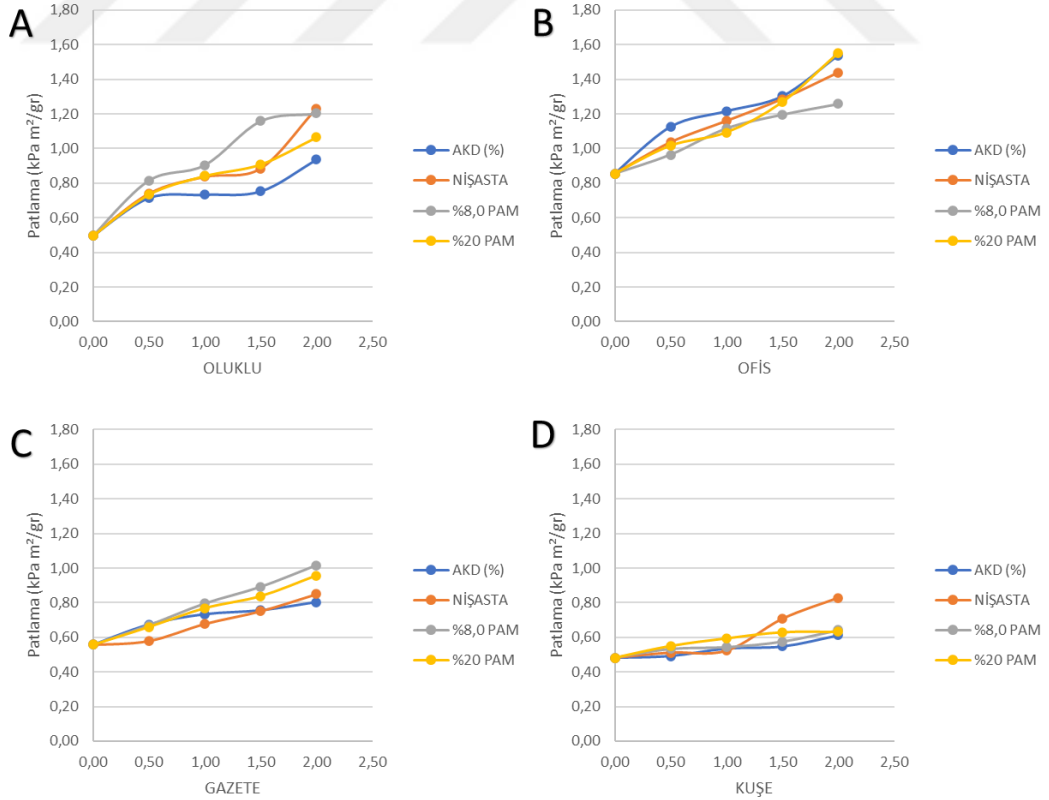
Şekil 3.4 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe kağıdında kimyasalların Cobb değerine etkisi.

3.5 Patlama

Kâğıt üretiminde kullanılan dolgu maddeleri ve üretim sırasında oluşan kırıntı elyaflar, lifler arası bağların kuvvetini azaltarak negatif bir etki göstermektedir (I'anson, 2006). AKD, nişasta ve PAM katılımı lifler arası bağları kuvvetlendirecektir (Karademir ve diğ., 2011). Aşağıda Şekil 3.5'te görüleceği üzere kimyasal katılımlarıyla farklı miktarlarda patlama değerlerinde genel olarak iyileşmeler kaydedilmiştir. Kontrol örneği de yüksek değere sahip olan ofis kağıdında kimyasal katılımı ile patlama mukavemetinde en yüksek oranda gelişmeler sağlanmıştır. %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında katılan AKD, Nişasta, %8 ve %20'lik PAM'ın oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarının patlama değerlerini genel olarak iyileştirdiği görülmüştür. Kuşe atık kağıdının patlama değerlerinin düşük seyretmesinin, içeriğindeki yüksek dolgu miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.5 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile patlama değerlerinde meydana gelen değişimler.



Şekil 3.6 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların patlama değerine etkisi.

Özellikle ofis atık kağıt hamurundaki elyafların diğer hamur elyaflarına göre en iyi kalite harmandan oluştuğu düşünülmektedir. Zira kimyasal pişirme ve ağartma yapılmış en az %70 kısmı uzun elyaf (ibreli ağaç lifleri) olan bir hamur olması kuvvetle muhtemeldir. Nihayetinde bu detaylar geleneksel olarak ofis kağıt hamur harmanına ait bilgilerdir (Şekil 3.6).

Sonuçlardan kısmen ilginç ama aynı zamanda güzel bir sonuç ortaya çıkmıştır. AKD, özellikle kâğıtlara su emilimine karşı direnç kazandırmak için geliştirilmiş ve kullanılan bir kimyasal olmasına rağmen, açık bir şekilde kâğıtların patlama dirençlerini de geliştirdiği görülmektedir. Bu açıdan AKD, en azından hidrofobiklik kazandırma ve mukavemetleri artırma gibi çift bileşenli bir işlev görmüştür.

3.6 Çekme

Çekme testleri hemen hemen tüm kâğıt türlerinde yapılan temel bir testtir. Çekme testinde birkaç farklı veri seti elde edilir. Çekme direnci, uzama, çekme indisi gibi.

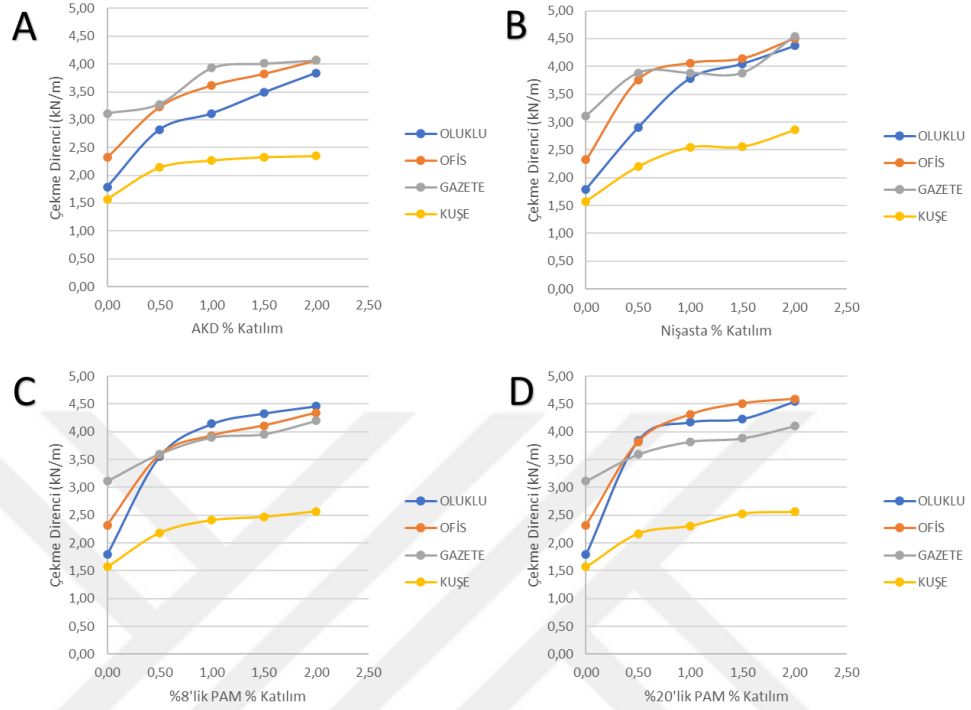
Kağıtların mukavemetleri, bilindiği gibi içerisinde bulunan bireysel liflerin kuvvetleri ile lifler arası gelişen bağların kuvvetine dayanmaktadır. Uzun elyaflardan ve iyi saçaklanmış (dövülmüş) liflerden oluşan bir kağıt hamuru daha sağlam kağıtlar verecektir. Formasyon, ıslak ve sıcak kurutma sürecinde elyaflar arası spesifik temas alanları ne kadar çok büyük olursa, kağıtlar o kadar fazla mukavemetli olacaktır (I'anson ve diğ, 2006).

3.6.1 Çekme direnci

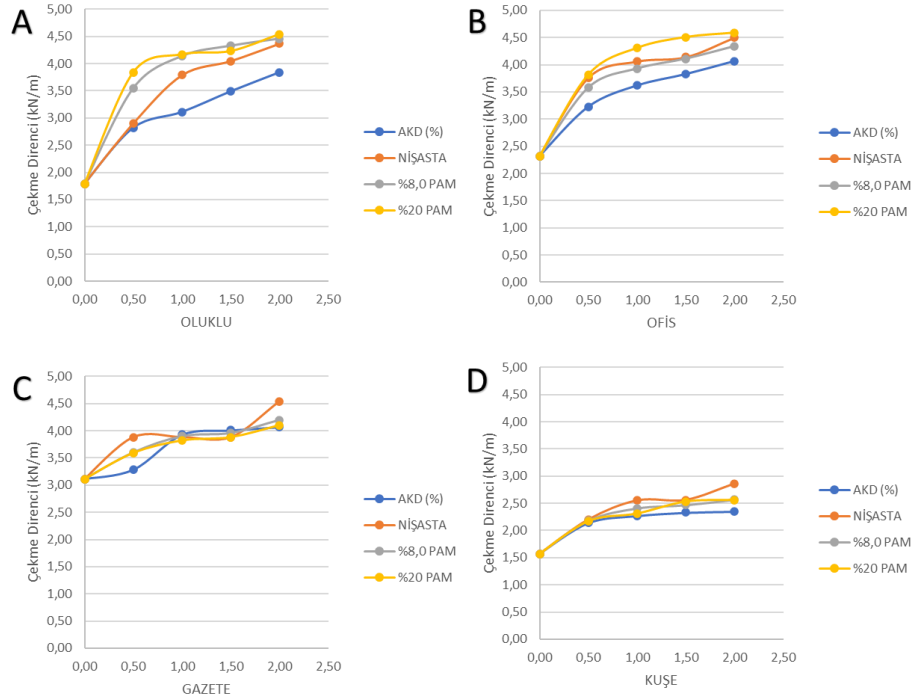
Şekil 3.7'de açıkça görüldüğü üzere, tüm katılan kimyasallar kağıtların çekme dirençlerini geliştirmişlerdir. Ancak en az gelişim, kuşe atık kağıtlarında yapılan el kağıtlarında kaydedilmiştir. Diğer sonuçlarda da tartışıldığı gibi, yüksek oranla dolgu olması kuşe kağıtların mukavemetler açısından zayıf noktası olarak karşımıza çıkmaktadır.

AKD katılımı ile patlama mukavemetlerinde olduğu gibi çekme dirençlerinde de olumlu gelişmeler gerçekleşmiştir. Bu durum, AKD'nin sadece su itici değil, aynı zamanda lifler arası bağları geliştirici sinerjik bir etkisi olduğunu göstermektedir. Nişasta katılımı ofis atık kâğıdında en iyi çekme direncini sağlamıştır. %8'lik Pam kimyasalının katılımı oluklu atık kâğıdında kimyasalsız ve %0.5 arasında gözle

görülür derecede iyileştirme sağlamıştır. %8'lik PAM kimyasalanın çekme direncini en çok iyileştirdiği atık kâğıt oluklu atık kağıdıdır. %20'lik PAM kimyasalı ofis atık kâğıdında en iyi sonucu göstermiştir.



Şekil 3.7 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile çekme direnci değerlerinde meydana gelen değişimler.



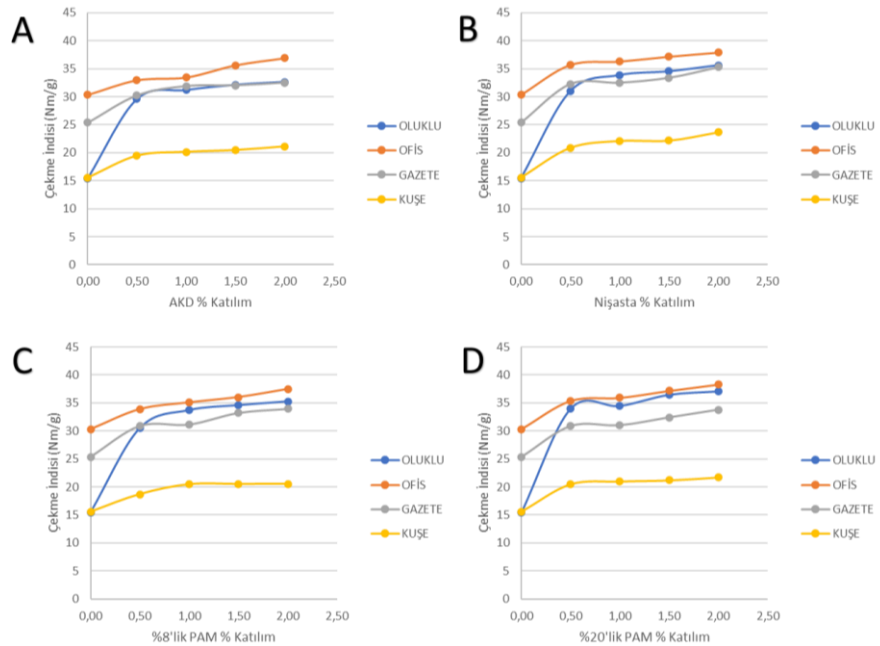
Şekil 3.8 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların çekme direnci değerine etkisi.

Oluklu atık kağıdında kullanılan kimyasallar arasında belirgin olarak PAM kimyasalları, çekme direnci üzerine olumlu bir etki sağlamışlardır. Ofis atık kağıdına katılan kimyasallar arasında %20'lik PAM kimyasalı, diğer kimyasallara kıyasla çekme direncinde daha çok etki göstermiştir. Gazete atık kağıdında kimyasalların katılımı %1.0 ve %1.5 oranlarında aynı seyretmiştir fakat en yüksek katılım oranı %2.0'da çekme direnci üzerine en çok etki Nişasta'da görülmüştür (Şekil 3.8).

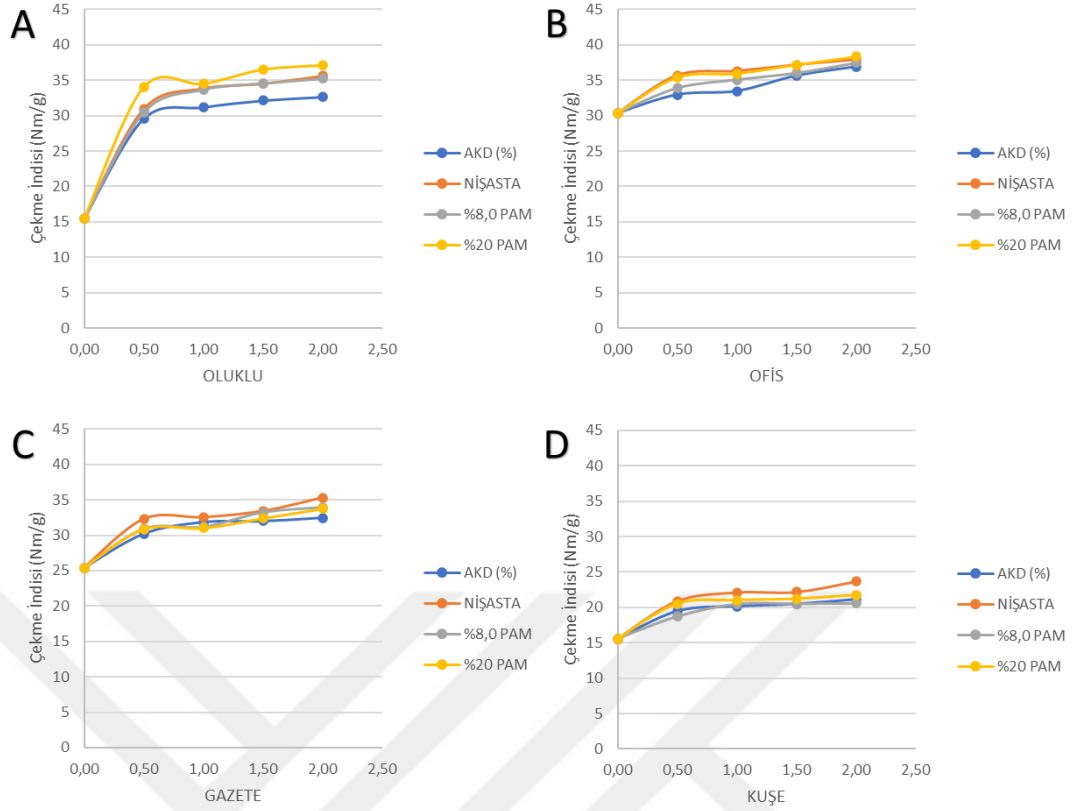
Kullanılan kimyasalların genel itibariyle hamurdaki kırıntı tutunumunu artırması beklenir. El kağıtları yapımında Rapid Köthen cihazında formasyon eleği 100 mesh olduğu için katılan kimyasallardan bağımsız olarak kırıntıların yüksek oranda tutunduğunu kül test sonuçları göstermiştir. Aslında kırıntı ve inorganik (dolgu) tutunmasının kağıdın hava geçirgenliğini düşürdüğü, yüzey düzgünlüğünü iyileştirdiği ve özellikle mukavemetlere olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Ancak kullanılan kimyasalların lifler ve hamur bileşenleri arasında bağlanmaları artırdığı ve genel itibariyle kağıt mukavemetlerini iyileştirdiği bariz olarak görülmüştür. Bu iyileştirmelerin dolgu miktarı yüksek olan kuşeli kağıtlarda daha az gerçekleşmesi makul karşılanabilir.

3.6.2 Çekme indisi

Çekme indisi kağıtların gramaj farkını elimine ederek özelliklerinin daha sağlıklı karşılaştırılmasını sağlaması açısından önemli bir veri setidir.



Şekil 3.9 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile çekme indisi değerlerinde meydana gelen değişimler.



Şekil 3.10 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların çekme indisi değerine etkisi.

Yukarıda bulunan Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da görüldüğü üzere kimyasalların katılımı ofis atık kağıtlarında en yüksek, kuşeli kağıtlarda ise en düşük seviyeden kademeli olarak çekme indislerini iyileştirmiştir. Oluklu atık kağıdında kimyasalların katılımı kontrol örneğine göre iyi sonuç vermiştir. Sonuç olarak katılan kimyasalların her biri her kağıt türünde iyileştirici etki göstermiştir.

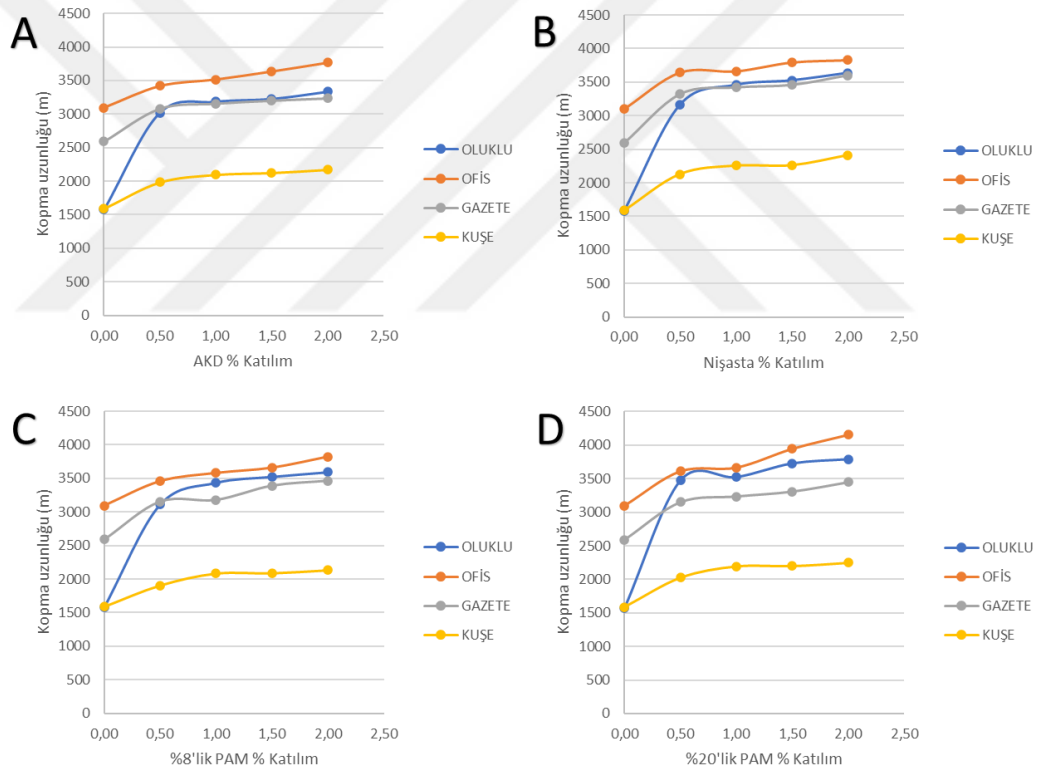
3.6.3 Kopma uzunluğu

Aşağıda Şekil 3.11’de görüleceği üzere tüm kimyasal katılımları tüm test kağıtlarında kopma uzunluk değerlerini iyileştirmiştir. Kimyasal katılımı bireysel liflerin özelliklerine bir katkı yapması mümkün olmadığına göre, kopma uzunluğundaki iyileşmeler lifler arası bağlar ve hamur bileşenlerinin (kırıntı, toz, dolgu vb.) bağlarının artması ve kuvvetlenmesiyle izah edilebilir. Sonuçlarda özellikle nişastanın çok daha iyi etki yapması beklenebilir. Ancak AKD’nin mukavemetlere olumlu etkisi genelde beklenmez. Zira AKD, kağıtları sıvılara karşı dirençli hale getirmesi için kullanılan bir kimyasaldır. Ancak ilginç ve memnuniyet verici olarak AKD’nin de tüm mukavemet değerlerinde dikkate değer iyileşmeler sağladığı açıkça görülmüştür. Muhtemelen

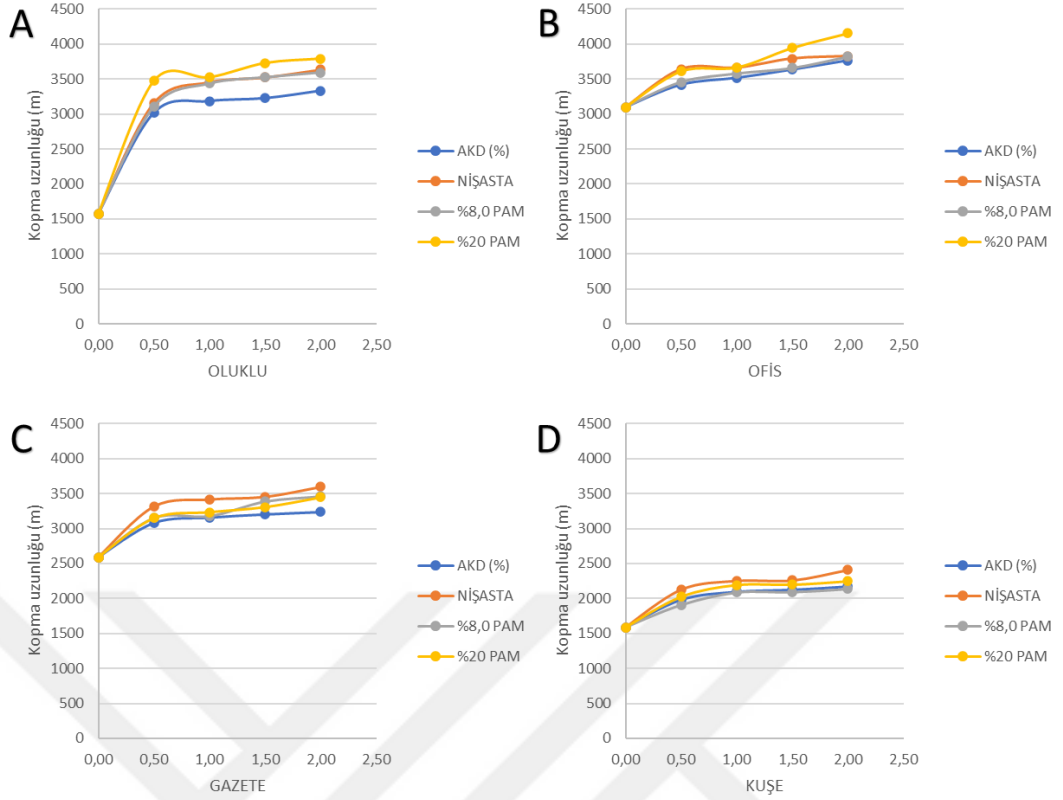
AKD mikrokapsülasyonunda kullanılan katyonik nişasta ve polimerik yapıların bu etkilere sorumlu olduğuna inanılmaktadır.

Yine genel olarak iyileşmeler ofis kağıdında daha iyi kuşe kağıtlarında daha alt seviyede gerçekleşmiştir. Ofis kağıdındaki kimyasal uzun elyaflar ve kuşe kağıdındaki yüksek dolgu (%40) miktarının sonuçlarla kuvvetli ilişkisi vardır.

B, C ve D grafiklerinde ofis, gazete ve kuşeli atık kağıtlarda kimyasal kullanımı artış sağlamıştır fakat en etkili artış oluklu atık kağıdında gözlemlenmiştir. Kontrol oluklu atık kağıdı ve % 0.5 kimyasal katılımlı arasında diğer kağıtlara kıyasla belirgin bir fark gözlemlenmiştir. Kullanılan her kimyasal her kağıt türünde kademeli bir artış sağlamıştır. Kuşeli atık kağıt değerleri düşüktür fakat kimyasal katılımı kopma uzunluğunda yine de iyileştirici bir etki göstermiştir (Şekil 3.12).



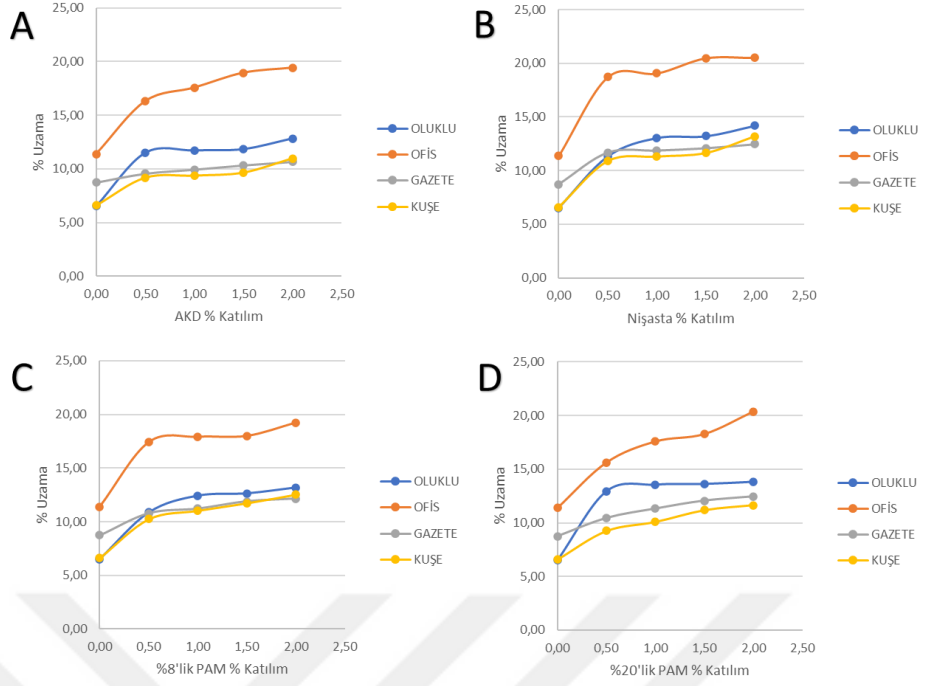
Şekil 3.11 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile kopma uzunluğu değerlerinde meydana gelen değişimler.



Şekil 3.12 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kopma uzunluğu değerine etkisi.

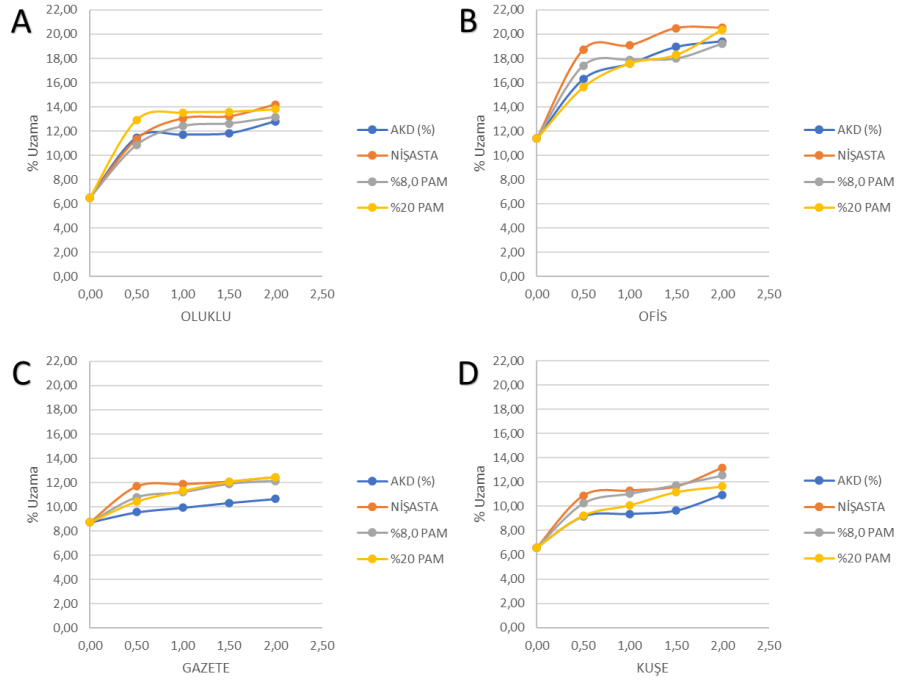
3.6.4 Yüzde (%) uzama

Kağıtlarda çekme testinde uzama konusu, uzun elyaftan oluşan ve birbirlerine çok fazla fiziksel/kimyasal bağlarla bağlanmış liflerin olduğu bir matrikste daha fazla olabilir. Zira uygulanan çekme kuvveti ile uzun lifler birbirleri üzerinde kayarak sıyrılırken en son kopma noktasına gelene kadar bir uzama özelliği gösterirler. Bu açıdan bakıldığında uzama en fazla ofis atık kağıttan yapılan test numunelerinde, en az ise kuşe atık kağıdından yapılan el kağıtlarında kaydedilmiştir. Kuşe kağıtlarında lifler arası çok miktarda dolgu maddesi bulunması, doğal olarak lifler arası bağlanmayı zayıflatacak ve genel olarak mukavemet değerlerini düşürecektir. Aynı konu kağıtların uzama değerlerinde de görülmüştür.



Şekil 3.13 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile % uzama değerlerinde meydana gelen değişimler.

Şekil 3.13'teki grafiklerden anlaşılabacağı üzere ofis atık kağıdında uzama değerleri en yüksektir ve kimyasal katılımları sayesinde en iyileştirici etkiyi bu ofis atık kağıdı göstermiştir.



Şekil 3.14 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların % uzama değerine etkisi.

Her kağıt türünde kimyasalların katılımı ile uzama değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.14).

3.7 Renk Ölçümü

Ağartılmış elyaf, genelde beyaz dolgu maddeleri, optik beyazlatıcılar ve mürekkep giderme işlemleri (deinking) son ürün olan kağıtların optik değerlerini iyileştirici etki yaparlar. Bunun tersine ağartılmamış mekanik hamurlar ve baskı yapılmış eski kağıtlar, esmer ve optik değerleri düşük kağıtlar verirler. Bu açıdan bakıldığında oluklu mukavva ve gazete kağıdı kısmen lignin içeren elyafları barındırmaktadır. Aynı zamanda gazete kağıdında kütleye oranla yoğun bir baskı materyali (boyalar, mürekkep, pigment vb.) bulunduğu için ve deinking yapılmadığından dolayı beyazlığın kısmen düşük olması beklenir.

Çizelge 3.2 : Kontrol kağıtları renk değerleri.

	OLUKLU		OFİS		GAZETE		KUŞE	
	SCI	SCE	SCI	SCE	SCI	SCE	SCI	SCE
L*	65,68	65,66	92,85	92,82	72,32	75,16	85,24	85,16
a*	4,53	4,49	2,46	2,51	-0,62	-0,63	0,87	0,9
b*	14,58	14,57	-12,24	-12,56	5,28	5,4	-5,46	-5,59

Kontrol örneklerinde görüldüğü gibi en yüksek beyazlık ofis kağıdına ait iken en düşük değer ise oluklu kağıdından alınmıştır. Kimyasal katılımlarının kontrol örneklerinin optik değerleri üzerinde ciddi etkisi olmadığı görülmüştür. El kağıdı yapımında retansiyon yüksek olduğu için kimyasal katılımının kağıtlardaki dolgu ve kırıntı yüzdesine çok etkisi görülmemiştir. Dolayısıyla kağıtların optik özelliklerinde de değişim kaydedilmemiştir (Çizelge 3.2, Çizelge 3.3).

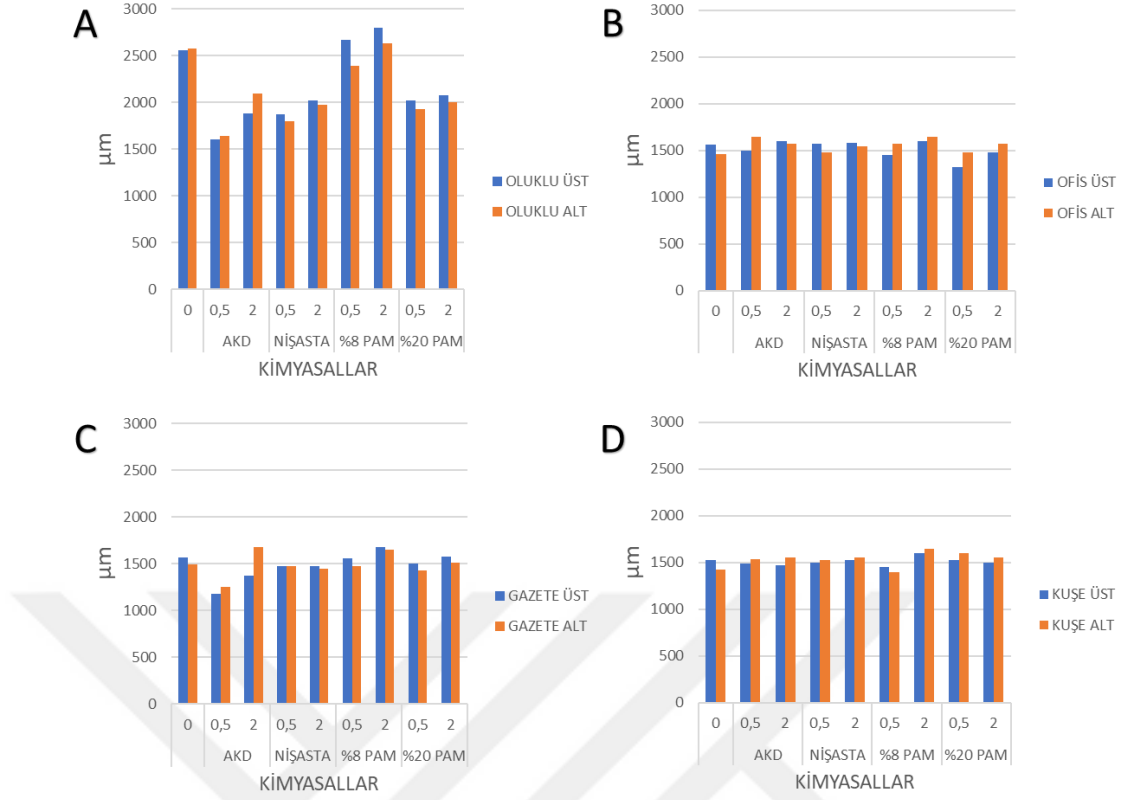
Çizelge 3.3 : Kimyasal katılımlı kağıt türlerinin renk değerleri.

KİMYASALLAR	KAĞIT TÜRLERİ							
	OLUKLU		OFİS		GAZETE		KUŞE	
	SCI	SCE	SCI	SCE	SCI	SCE	SCI	SCE
AKD	64,03	63,98	91,47	91,44	72,79	72,63	84,05	83,95
0,50%	4,69	4,69	2,14	2,19	-0,89	-0,88	0,7	0,72
	14,15	14,15	-11,89	-12,17	3,85	3,95	-5,17	-5,26
2,00%	64,28	64,23	91,75	91,72	72,74	72,58	83,95	83,87
	4,65	4,65	2,3	2,36	-0,98	-0,97	0,64	0,66
	14,22	14,21	-12,41	-12,7	3,93	4,03	-5,17	-5,26
NİŞASTA	65,32	65,26	91,31	91,28	74,16	74,01	84,18	84,09
0,50%	4,51	4,53	2,28	2,33	-0,98	-0,98	0,74	0,77
	14,48	14,46	-12,44	-12,74	4,93	5,05	-5,47	-5,58
2,00%	65,69	65,62	91,4	91,38	72,48	72,35	84,2	84,1
	4,4	4,4	2,48	2,53	-0,91	-0,91	0,94	0,96
	13,92	13,91	-13,26	-13,57	4,29	4,39	-5,65	-5,77
%8,0 PAM	65,36	65,31	91,89	91,87	72,61	72,44	84,25	84,17
0,50%	4,89	4,89	1,89	1,94	-0,81	-0,8	0,85	0,87
	14,6	14,59	-10,98	-11,25	4,26	4,35	-4,98	-5,07
2,00%	64,93	64,87	92,04	92,02	71,35	71,22	84,21	84,12
	4,78	4,78	2,32	2,37	-0,77	-0,76	0,7	0,73
	14,79	14,79	-12,3	-12,6	4,25	4,35	-5,16	-5,26
%20,0 PAM	66,63	66,57	91,48	91,45	73,03	72,91	83,69	83,59
0,50%	4,42	4,42	2,16	2,21	-0,79	-0,79	0,83	0,86
	14,06	14,04	-12	-12,28	4,22	4,33	-5,8	-5,92
2,00%	66,27	66,19	91,5	91,46	72,69	72,55	83,25	83,15
	4,33	4,33	2,51	2,57	-0,89	-0,88	0,79	0,82
	14,4	14,39	-13,26	-13,59	4,01	4,11	-5,24	-5,34

3.8 Yüzey Düzgünlüğü

Kağıtların yüzey düzgünlüğü uzun ve kısa elyaf yapılarına, dolgu maddesi miktar ve dağılımına, ıslak ve kuru presleme derecesi ile kalenderleme işlemlerine göre değişir. Kuşeleme işleminin yüzey düzgünlüğünü iyileştirdiği bilinen bir gerçektir.

Gazete kağıdı hamuru mekanik ve kısa elyaftan oluşurken diğer kağıtlar daha çok uzun elyaf bulundurmaktadırlar. Bu açıdan gazete kağıdının daha düzgün yüzey vermesi beklenir. Ancak ofis kağıdında %15 ve kuşe kağıtlarında %40 dolgu bulunmasının yüzey düzgünlüğünü iyi yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Sonuçlar yukarıdaki değerlendirmeyi teyit etmektedir. Gazete kağıdı ve kuşe yüzey düzgünlüğü açısından daha iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 3.15).



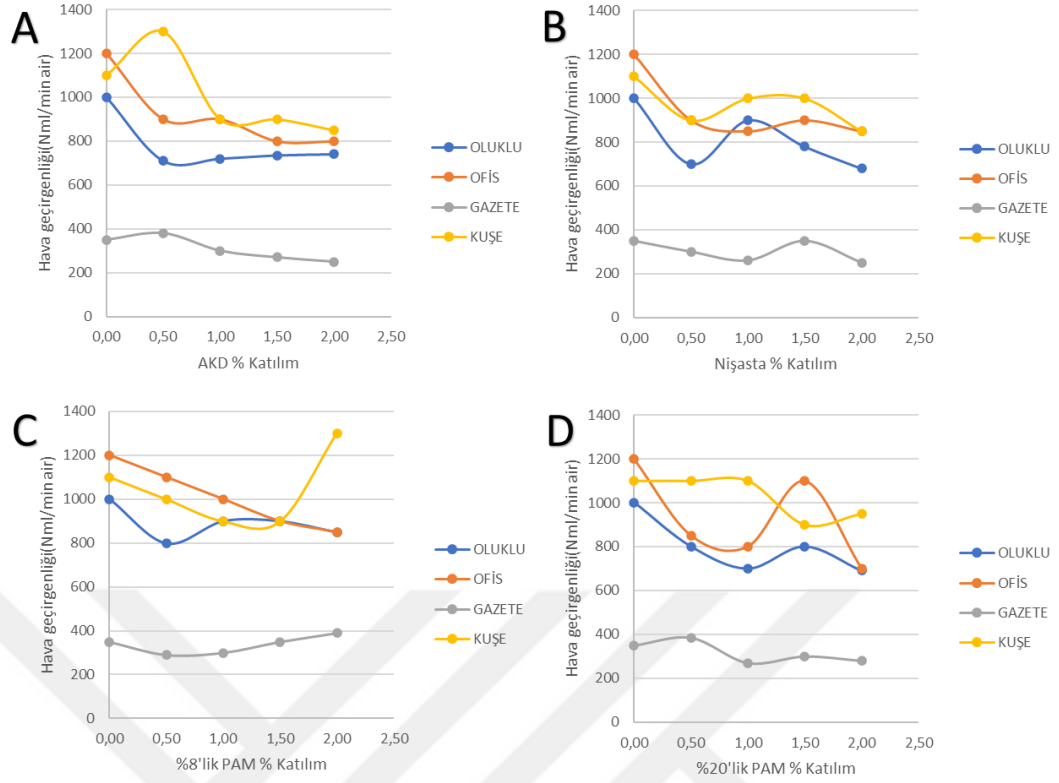
Şekil 3.15 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların yüzey düzgünlüğü değerine etkisi.

Kimyasal katılımının yüzey düzgünlüğüne bu çalışmada doğrudan fazla bir etkisi görülmemiştir. Bunun, kimyasal ve dolgu tutunum ilişkisi ile bağlantısı vardır.

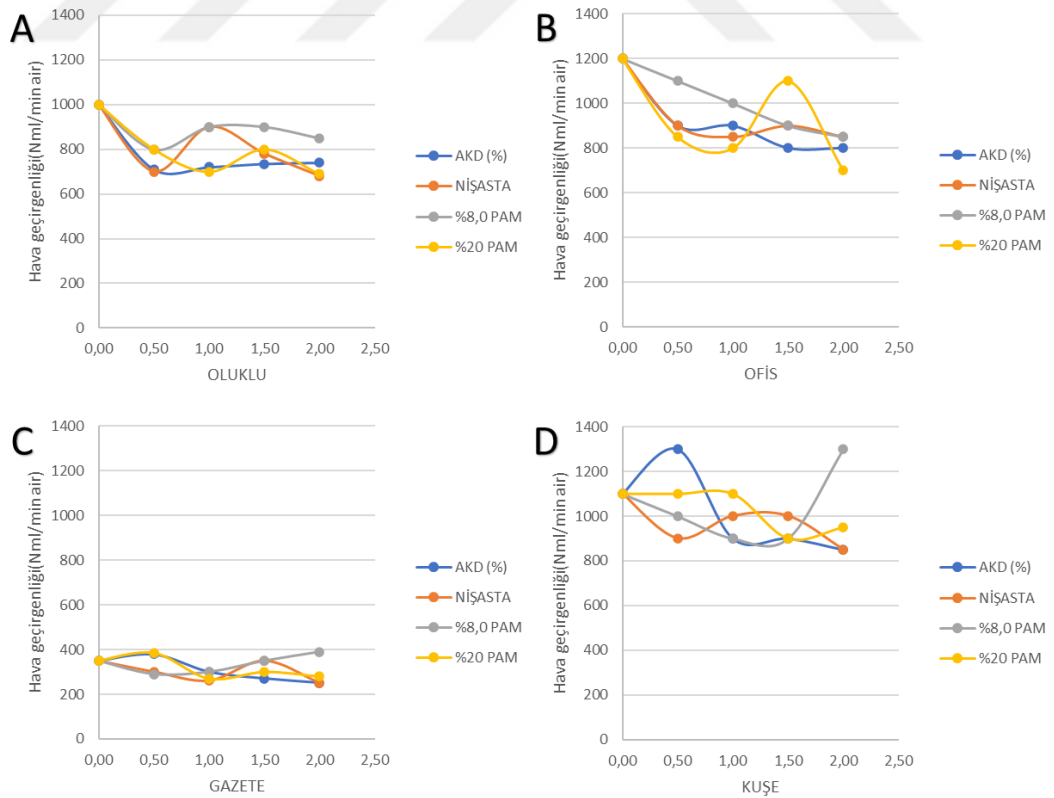
3.9 Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği kağıtların gözenekli olması, yapılarında kılcal geçitler bulunması ile artar. Genel itibariyle uzun elyaflardan yapılan kağıtlar geçirgen bir yapı verirken, kısa ve dövülmüş (saçaklanmış) elyaflardan oluşan kağıtlar daha sıkı, özgül ağırlığı yüksek, gözeneksiz dolayısıyla havayı zor geçiren bir yapı sunarlar. Kağıtlarda liflerin dövülmesi ve dolgu maddesi artımının da hava geçirgenliğini düşürdüğü bilinmektedir.

Şekil 3.16, gazete kağıdının en geçirimsiz, diğer kağıtların ise daha gözenekli olduğunu göstermektedir. Kuşe kağıdında dolgu miktarı yüksek olmasına rağmen matris içinde ne kadar homojen yayıldığı ve tutunduğu bilinmemektedir. Çok homojen dağılmış ve uzun elyaflar arası boşlukları doldurmuş olsaydı, kuşe kağıtlarının da hava geçirgenlik değeri düşük olurdu (Şekil 3.17).



Şekil 3.16 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile hava geçirgenliği değerlerinde meydana gelen değişimler.



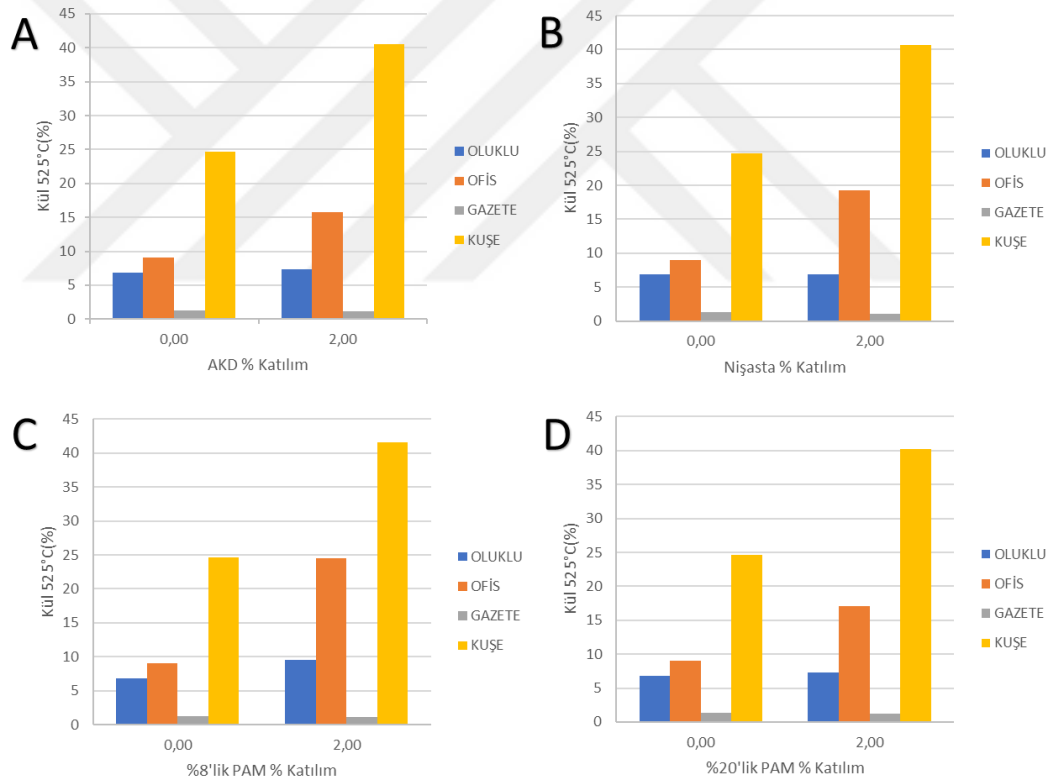
Şekil 3.17 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların % uzama değerine etkisi.

3.10 Kül Tayini

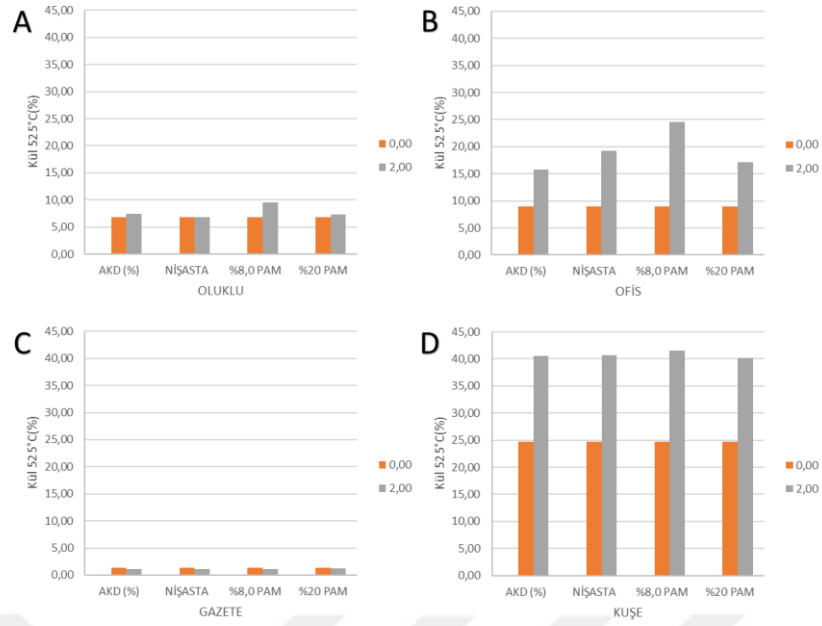
Kağıtlar çok yüksek oranda organik malzemeden oluşurlar. Kül tayini, pratik olarak kağıtlardaki kütle veya kuşe katmanındaki dolgu madde miktarını bulmak için yapılır.

3.10.1 525°C’de gerçekleştirilen kül

Aşağıda şekil 3.18’de görüleceği üzere gazete kağıdında en az, kuşe kağıdında ise en fazla dolgu maddesi bulunduğu görülmüştür. Aynı zamanda %2 oranında kimyasal katılımının kontrol örneklerine göre kül miktarını artırdığı tespit edilmiştir. 525°C’de yapılan kül tayininde kuşe, ofis ve oluklu kağıtlarında sırasıyla %40, %15 ve %10 civarı dolgu bulunduğu görülmektedir. %2 kimyasal katılımıyla kontrol örneğine göre dolgu miktarının artması, formasyon eleğinden dolgu ve küçük kırıntıların kaçtığını göstermektedir.



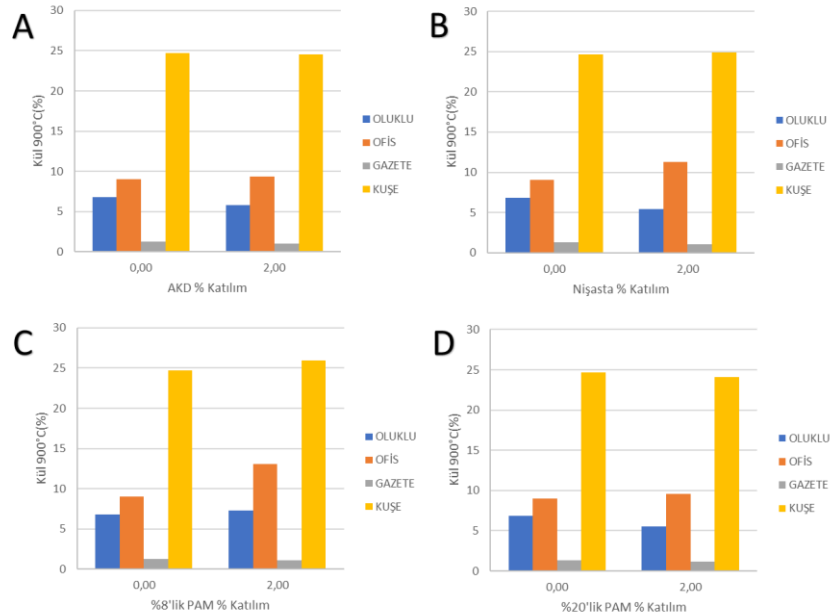
Şekil 3.18 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8’lik PAM (D) %20’lik PAM katılımı ile kül değerlerinde meydana gelen değişimler.



Şekil 3.19 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kül değerine etkisi.

Şekil 3.19’da kağıtların kül miktarları ve kimyasal katılımına göre değişimleri gösterilmektedir. Gazete kağıdında son derece az dolgu varken kuşede aşırı yüksek oranda dolgu olduğu görülmüştür. AKD de dahil olmak üzere tüm kimyasalların dolgu tutunumunu arttırdığı özellikle şekil 3.19 B ve D grafiklerinde çok bariz görülmektedir.

3.10.2 900°C’de gerçekleştirilen kül

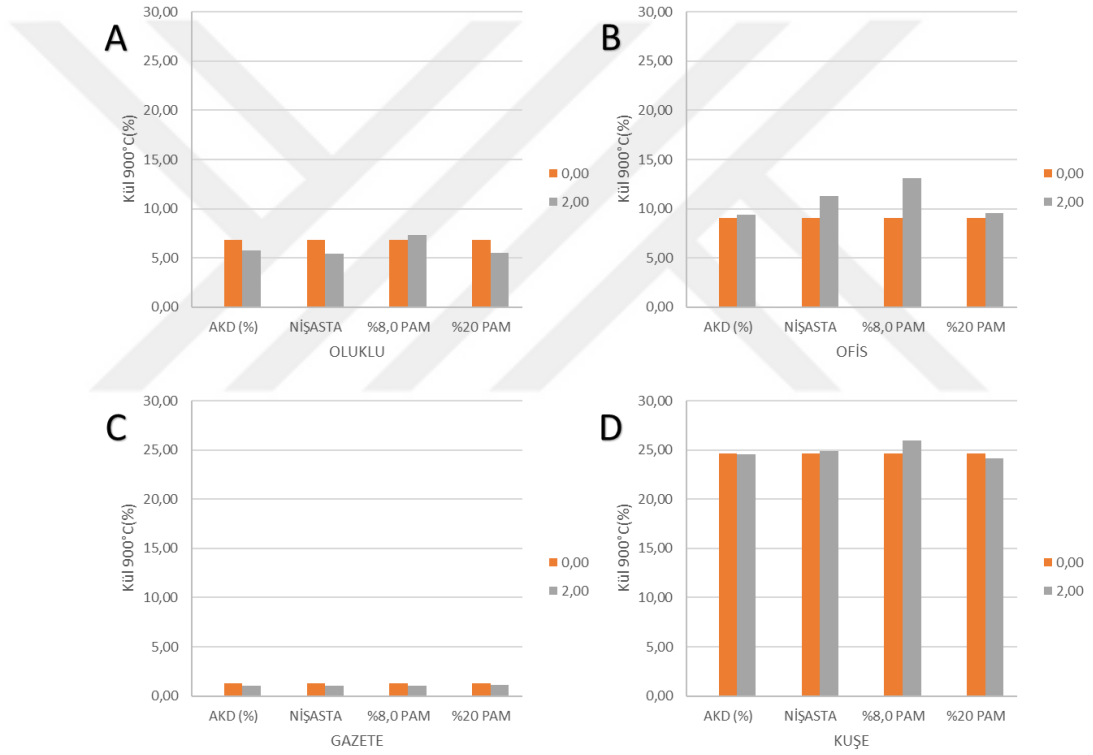


Şekil 3.20 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8’lik PAM (D) %20’lik PAM katılımı ile kül değerlerinde meydana gelen değişimler.

900°C’de yakma sonucu kül miktarlarında düşme görülmüştür. Denklem 3.1’de de görüleceği üzere 900°C’de özellikle kalsiyum karbonatın (CaCO_3) termal degradasyona uğradığı kalsiyum oksit ve karbondioksit ayrışarak kütlede azalmalar meydana geldiği bilinmektedir (Karademir, 2003).



Sonuçlar, gazete kağıdı dışındaki kağıtlarda dolgu olarak kalsiyum karbonat kullanıldığını göstermektedir (Şekil 3.20). Gazete kağıdında genelde kaolin kullanılmakta ve asidik ortamda üretim yapılmaktadır. Kalsiyum karbonat dolgusu ise nötr ve alkali ortamda kullanılabilir.

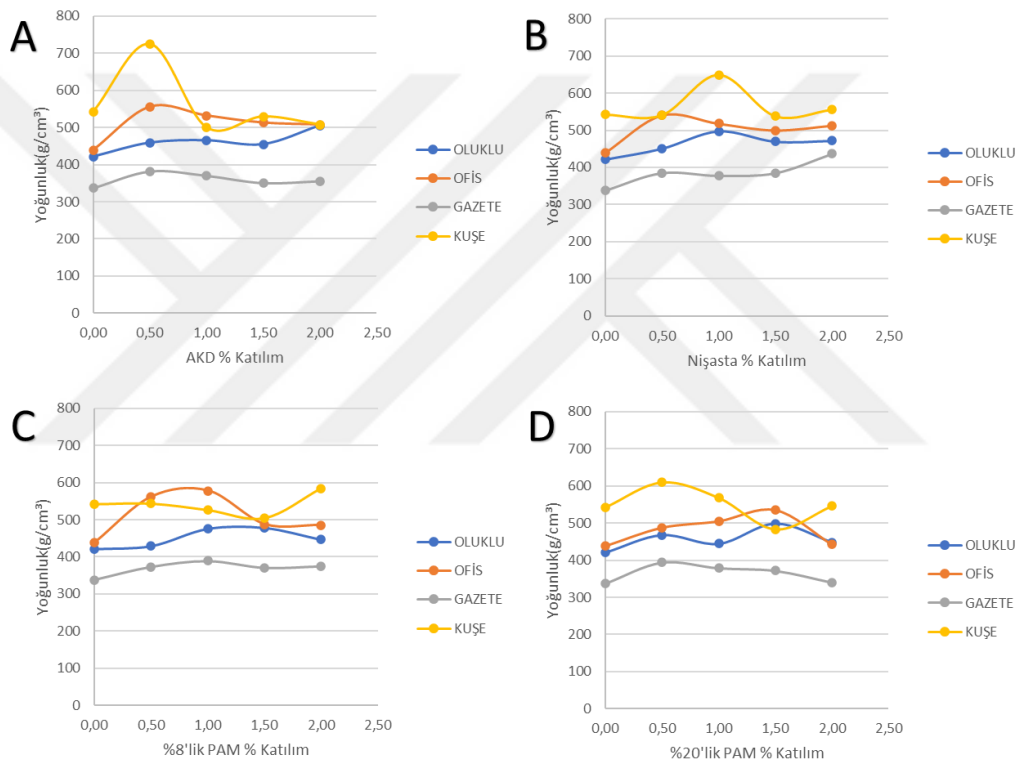


Şekil 3.21 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların kül değerine etkisi.

Tüm kimyasalların ayrı ayrı her kağıt türünde kül miktarına etkisini gösteren Şekil 3.21’deki grafiklerde ofis atık kağıdında artış gözlemlenmişken gazete atık kağıdında kül miktarında düşüş gözlemlenmiştir.

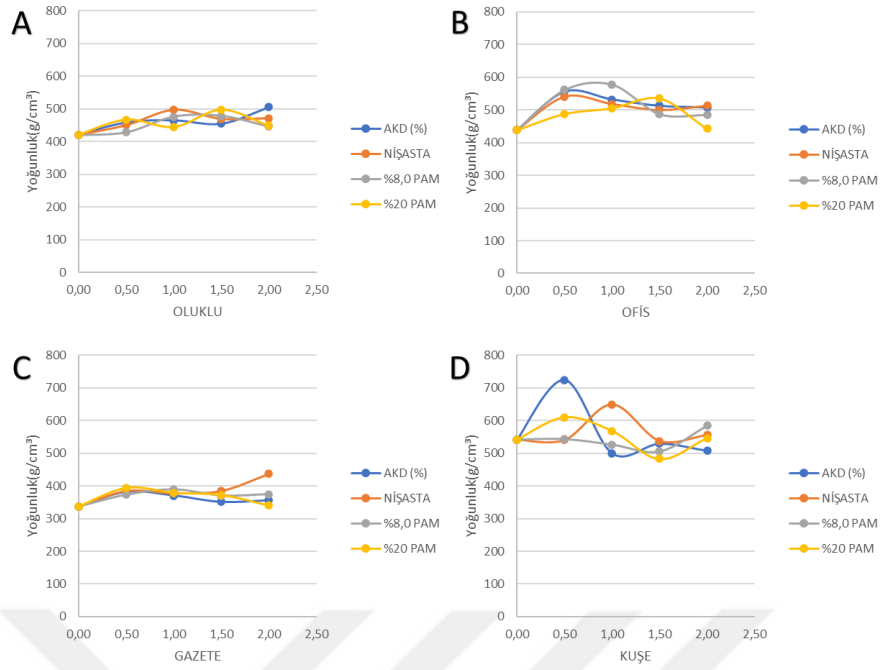
3.11 Yoğunluk

Yoğunluk, birim hacimde bulunan madde miktarıdır. Bu açıdan ya kağıtlara yüksek basınç uygulanması ya da özgül ağırlığı yüksek dolgu miktarını artırmak ile ancak yoğunluk yükselebilir. Yoğunluk aynı zamanda hava geçirgenliği ile de ilişkilidir. Dövülmüş, kısa elyaflardan oluşan, içerisinde dolgu bulunduran ve sıkı preslenmiş kağıtlar (veya malzemeler) daha yoğun bünyeye sahip olurlar ve hava boşlukları nispeten az olur. Şekil 3.22 ve Şekil 3.23 grafiklerinden de anlaşıldığı kadarıyla dolgu miktarı, özgül ağırlık üzerinde ciddi etki yapmıştır. Bu açıdan kuşeli kağıtlar en yoğun gazete kağıdı en az yoğun sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.22 : Kağıt türlerinde (A) AKD (B) Nişasta (C) %8'lik PAM (D) %20'lik PAM katılımı ile yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişimler.

Kimyasal katılımının yoğunluğa etkisi ancak tutunmaya etkisi kadar olabilir. O açıdan kimyasallar çok büyük değişmeye neden olmamıştır.



Şekil 3.23 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların yoğunluk değerine etkisi.

3.12 Temas Açısı

İç veya yüzey yapıştırma işlemi, malzemenin yüzey enerjisini düşürerek kararlı hale gelmesini ve temas halindeki sıvılarla etkileşime girmemesini amaçlar. Bu açıdan AKD özel olarak hidrofobiklik kazandırmak için kağıtlara katılır. AKD katılan kağıtlar istisnasız en yüksek temas açısı değerini vermiştir. Selüloz üzerindeki hidroksil gruplarının (-OH) bloklanması sıvılarla etkileşimi düşürecektir. Dolayısıyla selülozdaki fonksiyonel gruplar ile bağ yapan veya bloklayan hemen hemen her kimyasal aslında kağıtların suya karşı dirençlerini kısmi olarak iyileştirirler. Ancak kimyasalların etkisi, hamur bileşenlerinin çeşidi ve özellikleri ile son derece yakından ilişkilidir. Özellikle spesifik yüzey alanı, anyonik kirlilik, tutunması zor kırıntı ve dolgular kimyasalların performansını ciddi derecede etkilerler. Zira kimyasallar ortamdaki yüzeyleri kapatmak ve fonksiyonel gruplarla bağ yapmak için çalışırlar. Kabaca selüloz liflerinin yüzey alanlarının 3-5 m²/g olduğu, dolgu maddelerinin ise 15-30 m²/g civarında olduğu çalışmalarda rapor edilmiştir (Karademir, 2002).

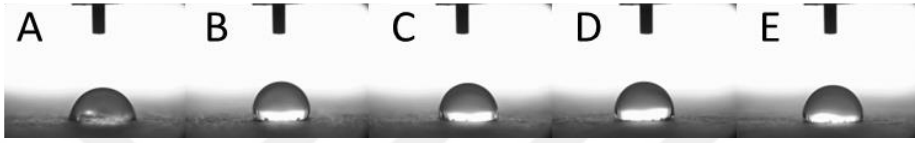
AKD katılımı istisnasız yüksek temas açısı vermiş olup kağıtların yüzey enerjisini düşürmüştür. Diğer kimyasalların da su ile etkileşime girme ihtimali olan hidroksil gruplarını kısmen etkisiz hale getirerek temas açılarında iyileşme sağladığı görülmüştür (Şekil 3.24 - Şekil 3.28).



Şekil 3.24 : Oluklu (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.



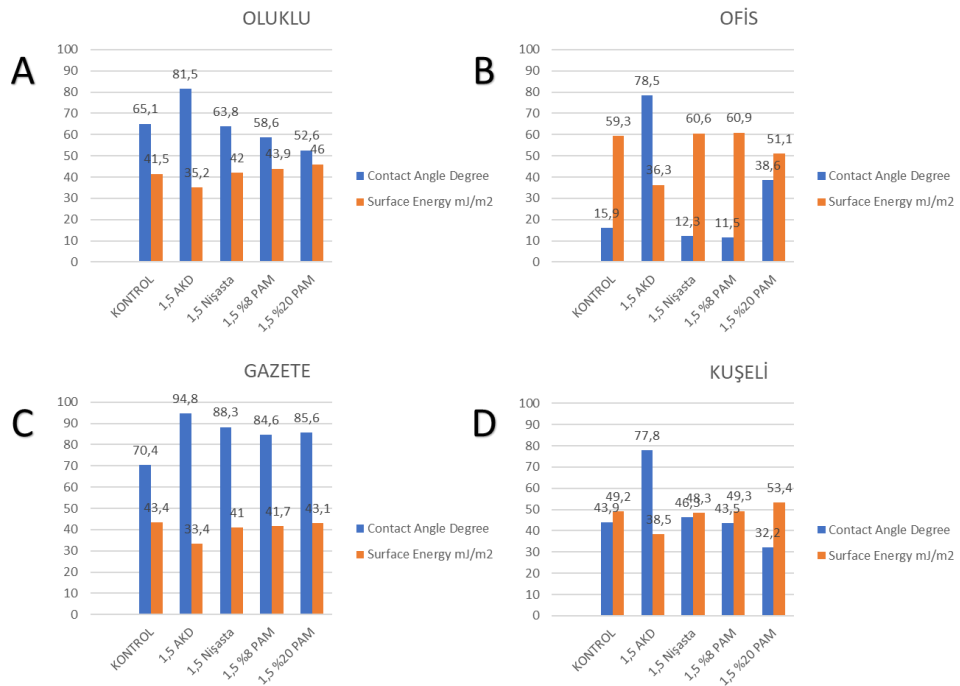
Şekil 3.25 : Ofis (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.



Şekil 3.26 : Gazete (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.



Şekil 3.27 : Kuşe (A) Kontrol (B) %1,5 AKD (C) %1,5 Nişasta (D) %1,5 %8'lik PAM (E) %1,5 %20'lik PAM.



Şekil 3.28 : (A) Oluklu (B) Ofis (C) Gazete (D) Kuşe atık kağıtlarında kimyasalların temas açısı ve yüzey enerjisi değerine etkisi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de kağıt endüstrisinde hammadde ve çevresel etkiler açısından problemler mevcuttur. Atık kağıtların tekrar kağıt yapımda kullanılması ve geri dönüştürülmesi ile mevcut problem kısmen çözülebilir ve doğaya daha az zarar vermiş oluruz. Atık kağıtlar her çeşit kalite ve türde kağıt barındırmaktadır. Bu sebeple kağıt üretim prosesine başlamadan önce iyi tasnif etmek çok önemlidir. Yine bu sebeple gerekli homojenizasyon işlemleri ve kullanım yerinden beklenen özelliklere bağlı olarak kimyasal katılımı yapmakta önemli hale gelmektedir. Atık kağıtlar sekonder lifler bulundurmaktadır. Geri kazanmak açısından atık kağıtları kullanırken zaten sekonder lifler barındırdığı için tasnif, kimyasal, dolgu vs. madde katılımlarını, reçeteyi düzgünce oluşturup kağıtları bu şekilde üretmek büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada bulunan sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- Kontrol kağıtlarına yapılan Schopper Riegler serbestlik tayininde diğer atık kağıtlara kıyasla çok dövülmüş olmasından dolayı en yüksek SR° değerini gazete atık kağıdı vermiştir.
- Kontrol atık kağıtlara yapılan pH ölçümü sonucu çalışmada ki tüm atık kağıtlar alkali çıkmıştır.
- Zeta potansiyel ve iletkenlik ölçümü sonucu kuşe hamurunun en iletken, oluklu hamurunun en az iletken olduğu bulunmuştur.
- AKD katılımı tüm atık kağıtlarda su itici etki göstermiştir.
- AKD’nin su itici özelliği bilinmektedir. Fakat bu çalışmada AKD katılımlı üretilen kağıtlara yapılan patlama testinde de iyileşme gözlemlenmiştir. AKD sadece su itici değil patlama mukavemet değerlerinde de iyileştirici etki göstermiştir. Patlama mukavemetine Nişasta ve PAM katılımlarının da artırıcı etki sağladığı bulunmuştur.
- Çekme indisi göz önüne alındığında en yüksek değerler ofis atık kağıdı, en düşük değerler ise kuşe atık kağıdında gözlemlenmiştir fakat katılan tüm katkı kimyasalları çekme direnç değerlerinde ve buna bağlı hesaplanan çekme indisi,

kopma uzunluğu ve yüzde uzama değerlerinde de artırıcı etki sağladığı bulunmuştur. Oluklu atık kağıdına %0.5'lik katılan tüm katkı kimyasalları oluklu atık kağıdının kontrol örneğine kıyasla en iyi etki ettiği gözlemlenmiştir.

- Kontrol kağıtlarına yapılan renk ölçümünde en yüksek beyazlık ofis kağıdından en az beyazlık oluklu kağıdından alınmıştır.
- Kuşe ve gazete atık kağıtlarının yüzeylerinin daha düzgün olduğu bulunmuştur.
- Katkı kimyasallarının katılımı ve kağıtların üretim yöntemleri göz önüne alındığında gazete atık kağıtlarından hava geçişinin daha zor olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- 525°C'de yapılan kül tayininde kuşe, ofis ve oluklu kağıtlarında sırasıyla %40, %15 ve %10 civarı dolgu olduğu bulunmuştur.
- Gazete atık kağıdında çok az dolgu ve inorganik madde olduğu gözlemlenmiştir.
- AKD dahil olmak üzere tüm kimyasalların dolgu tutunumunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
- Dolgu miktarı yoğunluk üzerinde ciddi etkiye sahiptir. Dolgu madde miktarı fazla olan kuşe atık kağıtların en yoğun, dolgu madde miktarı az olan gazete atık kağıtların en az yoğun olduğu gözlemlenmiştir.
- AKD katılımı tüm kağıtlarda yüzey enerjisini düşürmüş ve en yüksek temas açısı değerlerini vermiştir.

Bu çalışmada oluklu, ofis, gazete ve kuşe atık kağıtlarına bazı fonksiyonel kimyasallar katılmıştır. Genel olarak katılan kimyasallar kendinden beklenen özellikleri yerine getirmiş ve kağıtların mukavemetlerinde iyileştirici etkiler göstermişlerdir.

Hammadde sıkıntısının yaşandığı kağıt sektöründe atık kağıtları doğru bir şekilde hazırladıktan sonra kimyasalların reçeteye uygun katılımı kağıtların kullanım yerinden beklenen özelliklere sahip olacağını göstermiştir. Bu sayede çöp olarak nitelendirilen bu atık kağıtlar geri dönüştürülerek hem zaten sınırlı orman kaynaklarımız korunacak, hammaddede dışa bağımlı olmayacağız hem de atık kağıtları kullanarak sektörün geri dönüşüme katkısı sayesinde bu kağıtları tekrar geri kazanmış olacağız.

KAYNAKLAR

- Arpacı, S. Ş.** (2020). *Çeşitli odun türlerinin dış ortam koşullarında ultraviyole ışınlarına karşı dayanımlarının belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa .
- Astm.** (2004). *Standard Test Method for Corona-Treated Polymer Films Using Water Contact Angle Measurements for Testing* (Astm D5946-04). <https://www.astm.org/d5946-17.html>.
- Atik, C.** (2016). *Lif Teknolojisi* (Ders notu). İstanbul.
- Aydemir, C., Karademir, A., İmamoğlu, S., Altay, B., Fleming, P., & Tutak, D.** (2019). Investigation of the Evolution of Hydrophobicity and Wettability of Paper in Multi-Color Printing Process. *Cellulose Chem. Technol.*, 53 (7-8), 787-794.
- Aydemir, C., Yenidoğan, S., Karademir, A., & Arman Kandırmaz, E.** (2018). *The examination of vegetable-and mineral oil-based inks' effects on print quality: Green printing effects with different oils. Journal of applied biomaterials & functional materials*, 16(3), 137-143.
- Aydemir, C., Yenidoğan, S., Karademir, A., & Arman, E.** (2017). Effects of color mixing components on offset ink and printing process. *Materials and Manufacturing Processes* 32 (11), 1310-1315.
- Aydemir, C., Yenidoğan, S., Karademir, A., ve Kandırmaz, E.** (2018). Bitkisel ve madeni yağ bazlı mürekkeplerin baskı kalitesine etkilerinin incelenmesi: Farklı yağlarla yeşil baskı efektleri. *JABFM Uygulamalı Dergisi* 16 (3) 137-143.
- Bozkurt, C.** (2012). *Atık kağıt geri dönüşüm liflerinden üretilen kağıtların özelliklerinin araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Bozkurt, Y., & Erdin, N.** (2011). *Ağaç Teknolojisi.* İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

- Britannica.** Erişim: 15 Ocak, 2023, <https://www.britannica.com/plant/tree/The-anatomy-and-organization-of-wood>
- Casey, J.** (1960). *Selüloz ve Kağıt Kimyası ve Kimyasal Teknolojisi* (Anonim Çev.). İzmit: Selüloz Basımevi.
- Casey, J.** (1980). *Pulp and Paper*. (3. Edition). New York. Interscience Pulplihers Inc.
- Cates, R., Dumas, D., & Evans, D.** (1989). *Alkyl Ketene Dimer Sizes* (W.F.Reynolds ed.). *The Sizing of Paper, Second Ed., Tappi Press*. Atlanta, USA:33-48.
- Cathie, K., & Guest, D.** (1991). Wastepaper, Pira Guide Series, *Pira International, Surrey*.
- Culturalheritage.** Erişim: 15 Ocak, 2023, <https://cool.culturalheritage.org/byorg/abbey/an/an17/an17-4/an17-407.html>
- Çınar, G.** (2018). *Kağıt esaslı gıda ambalajlarının ağır metal içeriklerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dizer, K. Ö.** (2010). *Kraft kağıt üretiminde zeta potansiyelin kağıt kalitesine etkisi*. Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Doğan, Ö. D.** (2019). *Optimization of asa emulsification in internal sizing of paper and paperboard*. (Master Thesis). Bursa Technical University, Institute of Science, Bursa.
- Eroğlu, H.** (2003). *Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği* (Ders notu). Bartın.
- Eroğlu, H.** (2009). *Kağıt Fabrikasyonu* (Ders Notu). Bartın.
- Eroğlu, H., & Usta, M.** (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. Trabzon: Esen Ofset Matbaacılık.
- Gess, J.** (1998). The Chemistry and Mechanics of Fine Particle Retention. (Ed. J. M. Gess) Retention of Fines and Fillers During Papermaking. *TAPPI Press*. S:13-25.
- Güler, C., Karademir, A., ve Işık, H.** (2015). Yongalevhalarda Alkil Keten Dimer'in Alternatif Hidrofobik Madde Olarak Kullanımı Ve Etkisi. *Selçuk-Teknik Dergisi* ISSN:1302-6178.

- Hubbe, M., & Heitmann, J.** (2007). Review of Factors Affecting the Release of Water From Cellulosic Fibers During Paper Manufacture. *BioResources*. 2 (3), 500-533.
- I'anson, S., Karademir, A., & Sampson, W.** (2006). Spesific Contact Area and the Tensile Strength of Paper. *Appita Journal. Technology, Innovation, Manufacturing, Environment*, 59 (4), 297-301.
- Inquality.** Erişim: 20 Ocak, 2023, <https://inquality.gr/en/product/pocket-goniometer-pgx-68-76-tmi/>
- İmamoğlu, S., & Kayacan, B.** (2002). Kağıt Endüstrisinde Lifsel Hammadde Kullanımı ve Orman Kaynakları Yönetimi. *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 15(18), 999-1007. Artvin.
- İmamoğlu, S., & Peşman, E.** (2012). Flotasyon süresinin mürekkep giderme işlemi ve hamur kalitesine etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 250-269.
- İmamoğlu, S., Atik, C., & Karademir, A.** (2005). Atık kağıt kullanan kağıt-karton fabrikalarında ortaya çıkan mikrobiyolojik sorunlar. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 6 (1-2), 179-190.
- İmamoğlu, S., Kırcı, H., Atik , C., Karademir, A., Aydemir, C., & Peşman, E.** (2009). *Ofis Kağıtları Üzerine Ofset Baskı Makinesinde Basılan CMYK Renk Sistemine Ait Zemin Baskı Mürekkeplerinin Flotasyon Esaslı Sistemle Giderilmesi*. Ankara: Tubitak MAG Proje No: 106M292.
- Kalkınma Ajansı.** (2020). *Doğu Marmara Kağıt Sektör Raporu* (Yayın No: 2020 Sar-KR- 009). Doğu Marmara Kalkınma Ajansı.
- Karademir, A.** (2001). A study on the effects of Alkyl Ketene Dimer (AKD) sizing on the frictional properties of paper. *PhD Thesis Department of Paper Science University of Manchester Institute of Science and Technology*, England.
- Karademir, A.** (2002). Quantitative Determination of Alkyl Ketene Dimer (AKD) Retention in Paper Made on a Pilot Paper Machine. *Turkish J. of Agriculture and Forestry*, 26 (5), 253-260.

- Karademir, A.** (2008). *Kağıt Üretiminde Islak Parti Operasyonları* (Ders notları, Basılmamış). Kahramanmaraş.
- Karademir, A.** (2012). *Kağıt Ambalaj* (Ders Notu). Bursa.
- Karademir, A., & Kurt, R.** (2002). Alkali Papermaking and Some New Alkali Internal Sizing Agents. *Proceeding of the Fourth GAP Engineering Congres*. Dublin, Republic of Ireland.
- Karademir, A., Çetin, N., Tutuş, A., & İmamoğlu, S.** (2005). Sizing of Lignocellulosic Fibers in Papermaking. *Proceeding of First International Workshop, Novel Technologies in Pulp and Paper Industry Turkey*. 28th-29th September (pp. 1-13).
- Karademir, A., Hoyland, D., Wiseman, N., & Xiao, H.** (2004). A study of the effects of alkyl ketene dimer and ketone on paper sizing and friction properties. *Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment*, 57 (2), 116-120.
- Karademir, A., Karahan, S., İmamoğlu, S., Ertaş, M., Aygan, A., Aydemir, C., & Peşman, E.** (2012). Kağıt Geri Dönüşümünde Enzim ve Ultrasonik Enerji Kullanımı/Use of Enzyme and Ultrasonic Energy in Paper Recycling. *Journal of History Culture and Art Research*. 1 (4), 280-297.
- Karademir, A., Karahan, S., Varlıbaş, H., & Ertaş, M.** (2008). Bazı Kağıt Hamurlarının İç Yapıştırma Performansları. *I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu*. Tarsus.
- Karademir, A., Karahan, S., Varlıbaş, H., & Ertaş, M.** (2009). Effects of Fiber Treatments on The Paper Sizing and Environment. *3 rd Annual International City Break Conference*. Athens, Greece.
- Karademir, A., Tutuş, A., & Mengenöğlu, F.** (2003). AKD Absorption Properties of Kaolen, CaCO₃, and TiO₂. *Prooceedings of XI National Clay Symposium*. İzmir, Turkey.
- Karademir, A., Varlıbaş, A., Nağas, G., & Leblebici, A.** (2010). Kağıt Fabrikaları Atık Su Arıtılmasında Yeni Bir Yaklaşım; PAC-S. *Artvin Çoruh*

Üniversitesi III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, 5, 1234-1244.

Karademir, A., Varlıbaş, H., Çiçekler, M., Tutuş, A., & İmamoğlu, S. (2011). Beyaz Kağıt Üretiminde Dolgu Maddesi Tutunma Denemeleri. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011.

Karademir, A., Varlıbaş, H., Ertas, M., & Karahan, S. (2010). Okside Nişasta, CMC ve Mukavemet Arttırıcının Testliner Kuşelenmesinde Kullanılma Denemeleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı Cilt: 2:678-682.*

Karademir, A., Varlıbaş, H., Karahan, S., & İmamoğlu, S. (2010). Adsorption of Sizing Emulsion on Various Cellulosic Fibres. *International Burch Universty ISSD 10 Second International Symposium on Sustainable Development*. Sarajevo. S:780-786.

Karahan, S. (2008). *Ön modifikasyon işlemi ile kağıt iç yapıştırma işleminin iyileştirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Karahan, S., & Karademir, A. (2019). Mürekkep Giderme İşleminin Farklı Atık Kağıtlar Üzerindeki Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Araştırma Makalesi 7*, 15-24.

Kırcı, H. (2006). *Kağıt Hamuru Endüstrisi.* (Ders Notları). Trabzon: KTÜ.

Lindström, T., & Larsson, P. (2018). Alkyl Ketene Dimer (AKD) sizing – a review. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 2008-23-02-p202-209.

Malzeme Üretim ve Karakterizasyonu Laboratuvar. (2018). *Zeta potansiyel analizi erciyes üniversitesi mühendislik fakültesi malzeme bilimi ve mühendisliği bölümü.* Kayseri: Deney Föyü.

Mutlu, P. (2011). Starch modified biodegradable polyurethane film (Master Thesis). İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, İstanbul.

Özcan, A. (2008). Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün $L^*a^*b^*$ Değerleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14, 53-61.

- Özdemir, F.** (2006). *Ofis, Oluklu, kuşe ve gazete atık kağıtlarına reçine ve şap ilavesinin kağıt özelliklerine etkilerinin araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Peşman, E.** (2010). *Atık gazete ve magazin kâğıtlarının mürekkep uzaklaştırma ve ağartma özelliklerinin belirlenmesi.* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Peşman, E., İmamoğlu, S., & Kırıcı, H.** (2010). Atık Kağıtların Yeniden Değerlendirilmesinde Mürekkep Giderme Etkinliğini Ölçmek için Kullanılan Yöntemler ve Bu Yöntemlerin Karşılaştırılması. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, V*, s. 1934-1942.
- Plantlet.** Erişim: 15 Ocak, 2023, <https://plantlet.org/internal-structure-of-wood>
- Polymersource.** Erişim: 15 Ocak, 2023, https://www.polymersource.ca/index.php?route=product/category&path=2_2183_15_166_1100&subtract=1&categorystart=A-1.1.5.2&searchproduct=
- Researchgate.** Erişim: 15 Ocak, 2023, https://www.researchgate.net/figure/A-Illustration-of-softwood-microstructure-and-major-cell-wall-components-the_fig2_352905008
- Researchgate.** Erişim: 15 Ocak, 2023, https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-layered-structure-of-fibers-in-wood-as-well-as-changes-in-the-shape_fig2_274931376
- Researchgate.** Erişim: 15 Ocak, 2023, https://www.researchgate.net/figure/The-anchoring-of-a-rosin-molecule-at-a-fiber-surface-by-means-of-an-aluminum-compound_fig8_288090714
- Roberts, J.** (1997). Chemical control of water penetration in paper. *Proc. SPIE-Int. Soc. Optical Engineering* (3227), 20-39.
- Sahin, T.** (2016). Atık Kağıt Geri Dönüşüm İşlemlerinde Genel Esaslar ve Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (7), 31-37.
- Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı.** (2018). Erişim: 05 Aralık, 2022, <http://www.skssv.org>

- Smook, A. G.** (1992). *Wet-end Operations*, Handbook for Pulp & Paper Technologists, Angus Wilde Publication, Vancouver, B.C. 228-263.
- Şahin, H.** (2011). Proses Değişkenlerinin Kağıt Geri Dönüşümde Verim ve Kaliteye Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (20), 101-109.
- Şimşir, S.** (2017). *Test liner kağıtlarının gramajı ile kuru sağlamlık maddesi ilavesi arasındaki ilişki*. (Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- TAPPI T 205 sp-02.** (2006). *Forming handsheets for physical tests of pulp* (Reaffirmation of T 205 sp-02). July 11.
- TAPPI T 211 om-93.** (1993). *Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525°C.*
- TAPPI T 403 om-97.** (1997). *Bursting strength of paper.*
- TAPPI T 410 om-98.** (1998). *Grammage of Paper and Paperboard (Weight Per Unit Area).*
- TAPPI T 411 om-97.** (1997). *Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board.*
- TAPPI T 412 om-16.** (2016). *Moisture in pulp, paper and paperboard.*
- TAPPI T 412 om-94.** (1994). *Moisture in pulp, paper and paperboard.*
- TAPPI T 441 om-04.** (2013). *Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb test) (Proposed revision of T 441 om-09).*
- TAPPI T 441 om-98.** (1998). *Water Absorptiveness of Sized (Non-bibulous) Paper, Paperboard, and Corrugated Fiberboard (Cobb Test).*
- TAPPI T 494 om-01.** (2006). *Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus).* June 13.
- TAPPI T 558 om-97.** (1997). *Surface Wettability and Absorbency of Sheeted Materials Using an Automated Contact Angle Tester.*
- Tetik, M.** (2021). *Kağıdın geridönüşüm prosesleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

- Tuncer, T.** (2010). *Karton ambalaj ve oluklu mukavva üretiminde kullanılan kraft liner ve saman fluting malzemelerinin seçim kriterlerinin incelenmesi*. (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tutuş, A.** (2004). Kağıt Fabrikasının Kahramanmaraş Ekonomisine Katkısı. *I. Kahramanmaraş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, III. Cilt, s. s: 1427-1432*. Kahramanmaraş.
- Uysal, S.** (2017). *Atık kağıt kırıntı liflerinin farklı hamurlardan elde edilen kağıtların özelliklerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Varlıbaş Başboğa, H., & Karademir, A.** (2022). Bazı yanma geciktirici ve su itici kimyasalların kağıt hamurunda kullanılması. *Turkish Journal of Forest Science*, 6 (2), 480-495.
- Varlıbaş, H.** (2010). *Lif modifikasyon işleminin retansiyon üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Yetiş, F.** (2014). *Enzim kullanımının bazı baskılı kâğıtlarda mürekkep giderme üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Uğur Can USTA

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği.
- **Yüksek Lisans** : Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi – Araştırma Görevlisi