



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK KAĞIT VE KUŞE HARCİ İLE BEYAZ
TESTLİNER ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

SİBEL BİLGİÇ KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2022

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK KAĞIT VE KUŞE HARCİ İLE BEYAZ
TESTLİNER ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

SİBEL BİLGİÇ KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sibel BİLGİÇ KARA

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

Proje No: 2020/3-10 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ATIK KAĞIT VE KUŞE HARCİ İLE BEYAZ TESTLİNER ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Sibel BİLGİÇ KARA

ÖZET

Bu tez çalışmasında, atık ofis ve magazin kağıtları hamuru ve kuşe harcı ile beyaz testliner üretimi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında; atık beyaz ofis kağıtları ve atık magazin kağıtları; hamurlaştırma, eleme ve temizleme, depolama, mürekkep giderme, yoğurma ve ağartma işlemlerine tabi tutulmuş ve yapılan istatistik analizler sonucunda %0.4 FAS ağartma işleminin optimum özellikler sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın birinci aşamasında, değişik koşullarda hamurlaştırma ve ağartma işlemleri sonrası optimum optik özellikler elde edilen kağıt hamurlarından 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları üretilmiştir. Daha sonra atık oluklu mukavva kağıtlardan, hamurlaştırma, eleme ve temizleme işlemleri sonrası elde edilen hamurlardan 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üretilmiştir. Üretilen 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları, 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üzerine örtülerek (birleştirilerek) çift katlı 110, 115, 120 ve 120, 125, 130 gramajlarında beyaz testliner kağıtları üretilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci aşamasında ise, ağartılmış beyaz hamur yerine, çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) ile beyaz kuşe harcı hazırlanmıştır. Daha sonra, yukarıdaki aynı yöntemle üretilen 100 ve 110 gramajlarındaki kahverengi taban kağıtlarının üst yüzeyleri, 10, 15, 20 g/m² örtücü beyaz kuşe harçları ile size preste kuşeleme işlemi yapılarak 110, 115, 120 ve 120, 125, 130 gramajlarında beyaz testliner kağıtları üretilmiştir. Her iki aşamada elde edilen beyaz testliner kağıtlara, ilgili standartlara bağlı kalınarak optik ve fiziksel testler uygulanmıştır.

Sonuç olarak, ilk aşamada 70+50 (120) gramajındaki beyaz testliner kağıtların en iyi özelliklere (optimum) sahip kağıtlar olduğu tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise 100+20 (120) gramajındaki testliner kağıtların en iyi özelliklere sahip kağıtlar olduğu belirlenmiştir. Çevre koşulları, ekonomiklik ve kağıdın mukavemet özellikleri dikkate alındığında, kuşe harcı yerine, ağartılmış örtücü kağıt hamurları kullanılarak üretilen beyaz testliner kağıtların özelliklerinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık Kağıt, Ağartma, Kuşeleme, Beyaz Testliner,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Aralık / 2022

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Sayfa sayısı: 64

INVESTIGATION OF THE WHITE TOP TESTLINER PRODUCTION FROM WASTE PAPER AND COATING MORTAR

(MASTER THESIS)

Sibel BİLGİÇ KARA

ABSTRACT

In this study, it was aimed to produce white top testliner using recycled waste office papers-magazine papers and coating mortar. In the first stage of the study; waste white office papers and waste magazine papers; pulping, sieving and cleaning, storage, ink removal, kneading and bleaching processes were subjected to and as a result of statistical analyzes, it was determined that the %0.4 FAS bleaching process has optimum properties.

In the first stage of this study, white top surface papers were produced in 40, 45 and 50 weights from paper doughs obtained after pulping and bleaching processes under different conditions. Then, brown base paper was produced from waste corrugated cardboard paper, 70 and 80 grammas from the dough obtained after pulping, sieving and cleaning processes. White top surface papers in 40, 45 and 50 weights produced, and covering brown bottom papers in 70 and 80 grams (combined) and white top testliner paper with double layer 110, 115, 120 and 120, 125, 130 grams were produced

In the second stage of this study, instead of bleached white pulp, white top coating was prepared with precipitated calcium carbonate (PCC). Then, the upper surfaces of the brown bottom papers in the 100 and 110 grams produced by the same method above, 10, 15, 20 g/m² covering white coating with pressing coating process 110, 115, 120 and 125, 125, 130 white testliner paper produced. Optical and physical tests were applied to white top testliner papers obtained in both stages.

As a result, in the first stage, 70+50 (120) white top testliner paper in their weight were found to have the best properties (optimum) paper. In the second stage, it was determined that the testliner paper in the weight of 100+20 (120) were the best properties of paper. Considering the environmental conditions, economic and mechanical characteristics of the paper, it was concluded that the properties of white top testliner paper produced using white coated paper instead of coating were better.

Keywords: Waste paper, Bleaching, Coating, White tap testliner.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Dept., December/2022

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Page Numbers: 64

TEŞEKKÜR

"Atık Kağıt ve Kuşe Harcı ile Beyaz Testliner Üretimine Araştırılması" başlıklı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma süresince danışmanlığımı üstlenerek, çalışma boyunca destek ve ilgisini esirgemeyen her konuda yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Uygulama çalışmalarını yürüttüğüm Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasının Ar-Ge Birimine, bu çalışmada yitilmiş bilgi ve tecrübeleri ile desteğini her daim hissettiğim Sayın Genel Müdürüm Bekir YEMŞEN'e, Sayın Ar-Ge Müdürüm Tamer SÖZBİR'e, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇİÇEKLER'e, Doktora öğrencileri Ayşe ÖZDEMİR ve Ufuk KILLI'ya, ayrıca, testlerin uygulanmasında yardımlarını esirgemeyen Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Laboratuvar personellerine teşekkür ederim.

Benim için her şeyden önemli olan, sevgi ve sabırlarını hiçbir zaman esirgemeyen, hayatımın her alanında olduğu gibi tez çalışmamın bütün aşamalarında da her zaman desteklerini hissettiğim Aileme, sevgili eşim Sinan KARA'ya ve oğlum Seymen Efe'ye en derin duygularıyla sevgilerimi sunuyorum.

Sibel BİLGİÇ KARA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Atık Kağıt Hakkında Genel Bilgi.....	3
1.1.1. Atık kağıtların kullanımı ve geri kazanımı.....	4
1.1.2. Atık kağıtların sınıflandırılması	6
1.2. Oluklu Mukavva Kağıt ve Kartonlar.....	8
1.2.1. Testliner kağıt ve kartonlar.....	9
1.2.2. Beyaz Testliner Kağıt ve Kartonlar	9
1.2.3. Fluting Kağıt ve Kartonlar.....	10
1.3. Kuşe Harcı ve Kuşeleme Tekniği	11
1.4. Size Pres Teknolojisi.....	12
1.4.1. Kuşelemede size pres uygulaması	12
1.5. Atık Ofis ve Magazin Kağıtlarından Beyaz Testliner Kağıt Hamuru Üretimi	13
1.5.1. Hamurlaştırma işlemi	14
1.5.1.1. Hamurlaştırma işleminde kullanılan kimyasallar	16
1.5.1.1.1. Formamidin sülfirik asit (FAS).....	16
1.5.1.1.2. Sodyum silikat (Na_2SiO_3)	18
1.5.1.1.3. Sodyum hidroksit (NaOH).....	18
1.5.1.1.4. Hidrojen peroksit (H_2O_2)	18
1.5.1.1.5. Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC).....	18
1.5.1.1.6. Talk	19
1.5.2. Depolama.....	19
1.5.3. Mürekkep Giderme.....	19
1.5.4. Dispersiyon (Yoğurma)	20
1.5.5. Ağartma	21
1.5.6. Yüzey (Örtücü) Kağıt Üretimi.....	21
1.6. Çalışmanın Amacı ve Özgün Değeri.....	22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	23
3. MATERYAL VE METOT	26

3.1. Materyal	26
3.2. Metot	26
3.2.1. Hamurlaştırma işlemi	26
3.2.2. Depolama işlemi	28
3.2.3. Mürekkep giderme (flotasyon) işlemleri	29
3.2.4. Dispersiyon işlemi	31
3.2.5. Ağartma işlemi	32
3.2.6. Atık ofis ve magazin kağıtlarından beyaz testliner kağıt üretimi	33
3.2.7. Kuşe harcı ile beyaz testliner kağıt üretimi	33
3.2.8. Leke analizi ve ölçümü	34
3.2.9. İstatistiksel analizler	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Hamurlaştırma İşlemine Ait Bulgular	36
4.2. Hamurlaştırma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları	37
4.3. Depolama, Mürekkep Giderme ve Dispersiyon İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları	40
4.4. Ağartma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları	42
4.4.1. H ₂ O ₂ Ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları	42
4.4.2. FAS ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları	43
4.4.3. Sodyum ditiyonit (Na ₂ S ₂ O ₄) ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları	45
4.5. Atık kağıtlardan örtücü kağıt ve beyaz testliner kağıt üretimine ait bulgular	46
4.6. Ağartma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtlara Uygulanan İstatistiksel Analizler	47
4.7. Beyaz Testliner Kağıtların Fiziksel ve Optik Özellikleri ve Leke Analizlerine Ait Bulgular	49
4.8. Kuşe Harcı ile Üretilen Beyaz Testliner Kağıtların Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular	52
4.9. Atık Kağıt ve Kuşe Harcı ile Üretilen Beyaz Testliner Kağıtların Karşılaştırılması	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Testliner kağıt ve kartonları.....	9
Şekil 1.2. Beyaz testliner	10
Şekil 1.3. Fluting.....	11
Şekil 1.4. Size pres tipleri (Tunca, 2010)	12
Şekil 1.5. Size pres.....	13
Şekil 3.1. Hamurlaştırma işleminde kullanılan pulper ve bıçak yapısı	28
Şekil 3.2. Su banyosu ve depolanan hamur	29
Şekil 3.3. Flotasyon hücresi	30
Şekil 3.4. Degussa tipi flotasyon mürekkep giderme prosesi (İmamoğlu, 2002).....	30
Şekil 3.5. Hobart tipi yoğurma cihazı, dispersiyon işlemi ve dispers olmuş hamurlar ..	32
Şekil 3.6. Ağartma işlemi	32
Şekil 4.1. Örtücü kağıt ve beyaz testliner kağıt üretimi.....	47
Şekil 4.2. Size preste üst yüzeyi kuşelenmiş kağıtlar	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Dünya ve Türkiye'de kağıt-karton üretim tüketim miktarları.....	2
Çizelge 1.2. Dünyadaki atık kağıt miktarı ve tüketim miktarları (FAO, 2022).....	3
Çizelge 1.3. 2019 yılında Türkiye'de bulunan atık kağıt miktarı (URL-5, 2022).....	3
Çizelge 1.4. Geri dönüşümde kullanılan kağıt sınıfları (Thompson, 1978)	7
Çizelge 3.1. Örtücü yüzey kağıdı için hamurlaştırma işlemi koşulları.....	27
Çizelge 3.2. Pulperin teknik özellikleri	27
Çizelge 3.3. Kağıt hamurlarının depolanma koşulları	29
Çizelge 3.4. Mürekkep giderme işleminde uygulanan koşullar.....	31
Çizelge 3.5 Mürekkebi giderilmiş kağıt hamurlarına uygulanan ağartılma koşulları	33
Çizelge 3.6. Atık ofis ve magazin kağıtlarından beyaz testliner kağıt üretimi	33
Çizelge 3.7. Kuşe harcının özellikleri.....	34
Çizelge 3.8. Kuşe harcı ile beyaz testliner kağıt üretimi	34
Çizelge 3.9. Beyaz testliner kağıtlara uygulanan fiziksel ve optik özellik testler	35
Çizelge 3.10. Leke analiz cihazının özellikleri.....	35
Çizelge 4.1. Atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırma işlemi sonrası verimleri	37
Çizelge 4.2. Hamurlaştırma işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m ²) gramajında üretilen kağıtların optik özellikleri.....	38
Çizelge 4.3. Hamurlaştırma işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m ²) gramajında üretilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri.....	40
Çizelge 4.4. Depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemi sonrası hamurların optik özellikleri.....	40
Çizelge 4.5. Depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m ²) gramajında üretilen kağıtların leke analizi	41
Çizelge 4.6. H ₂ O ₂ ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler	42

Çizelge 4.7. H ₂ O ₂ ağartma işlemi sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri	43
Çizelge 4.8. FAS ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler	44
Çizelge 4.9. FAS ağartma işlemi sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri	44
Çizelge 4.10. Sodyum ditiyonit ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler.....	45
Çizelge 4.11. Sodyum ditiyonit ağartma sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri.....	46
Çizelge 4.12. Üç kademeli ağartma sonrası üretilen kağıtlara uygulanan istatistiksel analizlere ait bulgular	48
Çizelge 4.13. Beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri	50
Çizelge 4.14. Beyaz testliner kağıtların optik özellikleri.....	50
Çizelge 4.15. Beyaz testliner kağıtların leke analizlerine ait bulgular	51
Çizelge 4.16. Kuşeli beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri	54
Çizelge 4.17. Kuşeli beyaz testliner kağıtların optik özellikleri.....	54
Çizelge 4.18. Ağartılmış atık kağıtlardan ve kuşe harcından üretilen beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri	55
Çizelge 4.19. Ağartılmış atık kağıtlardan ve kuşe harcından üretilen beyaz testliner kağıtların optik özellikleri	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	: Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
°C	: Santigrat derece
CIE	: Aydınlatma ve renk konusunda standart belirleyen uluslararası komisyon.
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ERIC	: Efektif kalıntı mürekkep konsantrasyonu
FAO	: Dünya Tarım ve Gıda Örgütü
FAS	: Formamidin Sülfirik Asit
gr	: Gram
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
INGEDE	: Uluslararası Mürekkep Giderme Endüstrisi Kurumu
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
KMK	: Kahramanmaraş Kağıt Sanayii
m	: Metre
N	: Newton
Na ₂ S ₂ O ₄	: Sodyum ditiyonit
NaOH	: Sodyum hidroksit
Na ₂ SiO ₃	: Sodyum silikat
ppm	: Milyonda bir birim
RPM	: Dakikada Devir Sayısı
SKSV	: Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı
SR ^o	: Hamur süspansiyonu serbestlik-dövme derecesi (Schopper Riegler)
TAPPI	: Amerika Selüloz ve Kağıt Endüstrisi Teknik Birliği

1. GİRİŞ

Atık kağıtların tekrardan kağıt-karton üretiminde kullanılmasının nedenleri arasında; hammaddenin bulunmaması, çevre kirliliği, kağıt tüketiminin artması ve enerji maliyetlerinin yüksek olması, kullanılan orman kaynaklarının yeterli olmaması gibi nedenler yer almaktadır. Atık kağıtların geri dönüşüm miktarında son zamanlarda küresel boyutta önemli ölçüde artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca atık kağıtlar, geri dönüşümden sonra tekrar kağıt ve karton üretiminde istenilen verimde kullanılmaktadır (Aydemir, 2014).

Kağıt üretimi için genellikle yıllık bitki, odun ve atık kağıt gibi hammaddeler temin edilmektedir. Bu üretim sürecinde kağıt hamurları; kimyasal, yarı kimyasal, mekanik ve biyolojik yöntemlerle elde edilmektedir. Hamurların; kesme, saçaklandırma ve temizleme gibi aşamalardan geçtikten sonra dolgu ve katkı maddeleri eklenerek elek üzerinde safiha oluşturulması, kurutulması ve istenilen ebatta kesilmesi işlemleri kağıt üretiminin aşamalarından olmaktadır. Düz bir yüzeye sahip olan kağıt, 10-150 g/m² arasındaki değerlere sahip bitkisel liflerin birleşmesiyle oluşmaktadır (DPT, 2005; Tutuş, 2010).

Odun hammaddesi 19. yüzyılın sonlarına doğru kağıt üretiminde lif kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu durum selüloz ve kağıt endüstrisinde gelişmelere neden olmuş ve kağıdın yüksek hıza sahip modern makinelerde seri üretimine imkan vermiştir. Ayrıca odun hammaddesinin diğer hammaddelere oranla daha düşük maliyete sahip olması ve fazla miktarda bulunması yeni pazarların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu süreçte modern selüloz ve kağıt endüstrisinin temelleri kurulmuştur (Aydemir, 2014).

Kağıt ve karton ürünlerinin üretim miktarı dünyada istikrarlı ve kademeli şekilde artışını devam ettirmektedir. Kağıt ve karton ürünlerinin üretim miktarı, 2009 yılında 370. 60 milyon ton iken 2020 yılı içerisinde yaklaşık 400 milyon tona ulaştığı belirtilmiştir (FAO, 2022). Bu dönem içerisinde kağıt ve karton ürünleri yıllık ortalama %0.67 büyüme kaydetmiştir. Ayrıca %1.0 seviyesinin altında tespit edilen yıllık ortalama büyüme hızı yavaşlama periyodu içerisinde yer almıştır (ISO, 2018).

2021 yılında elde edilen verilere göre; Türkiye’de bulunan kağıt-karton tüketim miktarı 6.857.015 ton olup dolaylı %2.4’lük büyüme payına sahip olduğu tespit

edilmiştir. 2020 yılı için kişi başı kağıt-karton tüketimi 80.1 kg iken 2021 yılında bu değer 81 kg olarak tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ise %1.1 artışla büyüme gözlemlenmiştir (SKSV, 2022).

2020 yılında 4.669.326 ton ithal ve yerli geri dönüştürülen kağıt miktarı tespit edilirken, 2021 yılında bu değer 4.931.275 ton olarak bulunmuştur. %5.6 büyüme payı bu süreçte tespit edilmiştir. Türkiye’de 2021 yılında temin edilen atık kağıtların oranı %54.5 olarak kaydedilmiştir. Temizlik kağıdı ve sigara kağıtları kağıt-karton sektöründen hariç tutulduğunda %60.6 oranında geri dönüşüm tespit edilmiştir (SKSV, 2022).

Kağıt-karton üretim ve tüketim miktarlarının dünya ve Türkiye’deki verileri Çizelge 1.1’de gösterilmiştir (Çiçekler, 2019; SKSV, 2022). 2022 yılı içerisinde Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı’nın sunduğu raporlara göre Türkiye’de bulunan kağıt-karton üretimi 4.052.846 ton olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya ve Türkiye’de kağıt-karton üretim tüketim miktarları

Yıllar	Üretim Miktarı (ton)		Tüketim Miktarı (ton)	
	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye
2017	412.645.432	2.930.002	410.906.963	4.767.012
2018	408.574.184	2.799.991	407.771.518	4.515.123
2019	404.287.843	2.940.004	401.895.064	4.334.991
2020	400.904.111	2.799.970	395.456.852	4.217.569
2021	410.845.658	4.052.846	411.265.496	6.857.015

Kağıt sektöründe geri dönüşüm işlemi diğer sektörlerde olduğu gibi başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Uygulamanın yasal zemine oturtulması için kanunlar ile yönetmelikler düzenlenmiştir. Geri dönüşümün gerçekleşmesi sonucu ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Nüfusun artışından kaynaklanan tüketim, doğal dengeyi bozduğu için geri dönüşüm uygulaması ile az da olsa bu bozulmanın engellenmesi sağlanmaktadır. Bundan dolayı geri dönüşüm küresel boyutta önem kazanmıştır. Dünyada bulunan atık kağıt üretim ve tüketim miktarları Çizelge 1.2’de gösterilmiştir (FAO, 2022).

Çizelge 1.2. Dünyadaki atık kağıt miktarı ve tüketim miktarları (FAO, 2022)

Yıllar	Atık Kağıt Miktarı (milyon ton)	Atık Kağıt Tüketim Miktarı (milyon ton)
2017	231.44	231.44
2018	229.61	229.11
2019	228.58	228.59
2020	220.69	220.45
2021	226.45	228.49

Çizelge 1.3 incelendiğinde 2019 yılına ait Türkiye'nin farklı bölgelerinde tespit edilen atık kağıt miktarları yer almaktadır. 2019 yılındaki toplam atık kağıt miktarı 2.438.645 ton olarak ifade edilmiştir. Bölgeler içerisinde değerlendirme yapıldığında en fazla atık kağıt miktarı Marmara Bölgesinde 1.258.305 ton iken az atık kağıt miktarı ise Doğu Anadolu Bölgesinde 23.975 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1.3. 2019 yılında Türkiye'de bulunan atık kağıt miktarı (URL-5, 2022)

Bölge	Atık Kağıt Miktarı (ton/yıl)
Marmara Bölgesi	1.258.305
İç Anadolu Bölgesi	318.747
Ege Bölgesi	390.064
Akdeniz Bölgesi	268.510
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	112.656
Karadeniz Bölgesi	66.388
Doğu Anadolu Bölgesi	23.975
Toplam	2.438.645

1.1. Atık Kağıt Hakkında Genel Bilgi

Kullanıldıktan sonra ömrünü tamamlayan ve atılan her türlü kağıt, karton ve oluklu mukavvalara atık kağıt denilmektedir. Atık kağıtlar içerisinde fabrikalarından çıkan artık kağıtlar, yazışma kağıtları, kağıt peçete ve havlular, gazete basım evinde çıkan baskı hatalı veya fazla üretilen gazeteler, karton koliler ve kağıt dönüşümü sırasında çıkan kırpıntılar yer almaktadır. Hijyen ve sağlık yönünden kullanımı uygun olmadığı için kullanım sonrasında atılan her türlü hidrofilik kağıtlar ve temizlik kağıtları ekonomik bir değere sahip olmadığı belirtilmiştir. Geri dönüşüm kağıtlarında kullanılan atık kağıtlar ise ekonomik değere sahip malzemelerdir (URL-1, 2021).

Atık kağıdın lif kaynağı olarak kullanılması yeni bir teknolojiyi teşkil etmemektedir. Endüstriyel dönem öncesinde atık kağıdın kullanımı başlangıç olarak değerlendirilmemektedir. 1800'lü yıllarda İngiltere'de atık kağıt kullanan bir fabrikanın devreye girmesiyle kağıt sektöründe atık kağıtlardan elde edilen liflerin kullanılması süreci başlamıştır (İmamoğlu, 2002). 1918 yılında İngiltere'de ise tamamı atık kağıt hakkında bir kitap ilk kez yayınlanmıştır. Ayrıca bu kitap atık kağıdın potansiyelini ortaya koymuştur (Strachan, 1918). Dünyada 1945 yılları sonrasında atık kağıtlar, kağıt endüstrisi için vazgeçilmez hammadde kaynağı olarak Japonya ve Avrupa ülkelerinde tercih edilmişlerdir (Öztürk, 2005).

Kullanıldıktan sonra atılan, geri dönüşüm yapılabilir ve kullanım amacını tamamlamış malzemelerin yeniden üretime verilmesi amacıyla geri dönüşüm fabrikalarında işe yarayan bölümlerinin geri elde edilmesi işlemine geri dönüşüm denilmektedir. Ayrıca bu tanımlı geri dönüşümü yapılacak olan kağıtlar için de kullanılabileceğimiz belirtilmiştir (Öztürk, 2005). Evsel ve endüstriyel kökenli katı atıklarla birlikte atılan kağıtlar, kağıt tüketiminin günden güne artış göstermesine paralel bir şekilde yükseliş göstermektedir. Kağıdın hammaddesinin geldiği ormanları koruması ve bununla birlikte su ve enerji tüketimini kayda değer ölçüde azaltması, atık kağıtların geri kazanılmasının en önemli başarısı olarak ifade edilmektedir. 17 ağacın kesilmesini önlemek için 1 ton atık kağıdın geri dönüşümde kullanılması gerekmektedir. Ofis kağıdı üretimi için yaklaşık 10 ton odun hammaddesinden 25 Gj enerji gerekirken atık kağıttan aynı miktarda ofis kağıdı üretimi için 1.5 ton odun hammaddesi ve 22 Gj elektrik enerjisine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir (Öztürk, 2005).

1.1.1. Atık kağıtların kullanımı ve geri kazanımı

Dünyada ve ülkemizde günden güne kağıdın hammaddesi olan orman varlığının azalması, düşük maliyetli olması, çevre konusunda ortaya çıkan baskılar ve toplumun çevreye olan duyarlı yapısı atık kağıt kullanımını yaygın hale getirmiştir. Kağıt hammaddelerinden olan selüloz tekrar kullanıldığında özelliğini çok az kaybettiği belirtilmiştir. Toplama işlemi ve sınıflandırma sistemlerine büyük bir önem verildiği takdirde uygun lif niteliğine sahip ve sürekli aynı nitelikli atık kağıt elde edilmektedir (Üner ve Şahin, 2004). Kimyasal, yarı kimyasal, mekanik ve bunların alt dalları olan yöntemlerle kağıdın üretimi için yüzlerce çeşit kağıt ve karton üretiminin geniş kalite sınıflarında üretimine olanak sağlamaktadır (Biermann, 1993).

Kalite ve verim kaybının oluşması farklı sınıflarda üretilen kağıt ürünlerinin herhangi bir ayrıştırma işlemi yapılmadan bir arada geri dönüşüm işlemine sokulmasından kaynaklanma ihtimali yüksek olmaktadır. Atık kağıtların farklı karışımlar halinde toplanması ile düşük değerli olduğu tespit edilirken sınıflandırma ve temizleme işlemleri sonrasında yüksek değerli ikincil lif kaynağı haline geldiği belirtilmiştir. Atık kağıtlar, geri dönüşüm tesisleri içerisinde öncelikle uygun sınıflandırma yapılarak ayrışmaktadır (Kaya, 2015). Geri dönüşümün yapılabilmesi ve kalite standartlarının azalmaması için atık kağıtların diğer atıklarla karıştırılmaması gerekmektedir.

Uygun ve başarılı bir geri dönüşüm sürecinin gerçekleşmesi için benzer gruptaki kağıt sınıflarının aynı anda işleme alınması gerekmektedir. Bu süreçte, geri dönüşümü gerçekleştirecek kağıtların işlenmesi kolaylaşacak, kağıtların dolgu ve fonksiyonel madde içerikleri birbirlerine benzerlikleri artacaktır. Geri dönüşümde verim ve kalitenin artırılması için en uygun işlem prosesleri ve ekipmanların seçilmesi gerekmektedir (Kaya, 2015). Kağıt geri dönüşümde verim ve kalite teknolojik gelişmelere paralel olarak zamanla artış göstermektedir.

Sınıflandırma işlemi sonrası benzer özellikler içeren atık kağıtların aynı zamanda geri dönüşümünün yapılması başarılı bir geri dönüşüm prosesinin gerçekleşmesi için gerekmektedir (Thompson, 1978). Belirli bir kullanımdan sonra atık kağıt, geri dönüşüm işleminde başarı oranı ne kadar fazla olsa da, belirli bir kullanımdan sonra lifsel özellikleri kötüye gitmekte ve üretim için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Tespit edilen oran yaklaşık %15-20 arasında olmaktadır (Kaya, 2015).

Orman ürünleri endüstrisinde odun kullanımı artış gösterdiği zaman talep artışına bağlı olarak ormanlar ile ilgili baskı artmakta ve ağaç sayıları düşmektedir. Hammaddenin eksik olma durumu beraberinde artan maliyetleri göstermektedir. Orman endüstrileri için arz-talep dengesinin bozulmaması gerekmektedir. Bu yüzden alternatif hammadde kaynakları bu endüstri için düşük maliyetli ve vazgeçilmez hale gelmiştir. Alternatif lif kaynaklarının her geçen gün daha fazla kullanılması artan talebin orman kaynakları tarafından sağlanamamasından kaynaklanmaktadır.

Dünyanın en büyük kağıt ve karton tüketicisi Çin olarak ifade edilmektedir. Yılda Çin 103 milyon tondan fazla tüketime ulaşırken ABD ise 71 milyon tonluk

tüketimi ile ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Son 40 yılda küresel boyutta kağıt kullanımı %400 olarak arttığı belirtilmiştir (URL-4, 2022).

Türkiye’de yaklaşık 6,3 milyon ton civarında kağıt tüketimi tespit edilmiştir. Geri kazanma oranı yaklaşık %50 iken 3.15 milyon ton geri kazanıldığını kalanı ise orman ürünleri endüstrisi için büyük bir hammadde kaynağı olarak öngörülmektedir. Bu sebeple atık kağıt önemli bir politika haline gelmiştir. Gelişmiş batı ülkelerinde atık kağıt geri kazanım oranları %70–75 civarında iken Türkiye’de ise bu oran ortalama %50 seviyelerinde izlemektedir (Mazumdar, 2001; SKSV, 2015; URL-2, 2022).

Yüksek maliyetli hammadde temini ve birçok pahalı işleme gerek olmaması için kullanılmış kağıt ve kartonlardan geri kazanılmış liflerin yeniden orman ürünleri endüstrisinde kullanılması, yeniden kağıt imali veya kompozit panel üretiminde değerlendirilmesi gerekmektedir. Hammadde sorunu, orman ürünleri sektöründe artış göstermektedir. Bunun asıl nedeni ise ormanların bu sektör için planlama olmadan büyük ölçüde zarara uğradığı belirtilmektedir. Alternatif kaynak olarak orman ürünleri sektöründe atık kağıtların kullanılması ile katma değeri yüksek yeni ürünlerin ortaya çıkması gerekmektedir (Kaya, 2015).

1.1.2. Atık kağıtların sınıflandırılması

Kağıdın amacına uygun biçimde kullanılmasının ardından veya kullanılmadan çeşitli geri dönüşüm yöntemleri aracılığıyla tekrar üretilmesi atık kağıt geri dönüşüm işlemini kapsadığı bilinmektedir. Türkiye’de kağıt tüketiminin ortalama %50’si geri dönüşümde kullanılmaktadır. Bu oranın %10-20’si ise yeterli kalitede bulunmadığından üretim artığı olarak ifade edilmektedir. Bu sebeple tekrar üretilen kağıt yüzdesindeki artış etkin bir geri dönüşüm politikası ile sağlanabilmektedir (SKSV, 2015; Kaya, 2015).

Atık kağıt piyasası yönünden bakıldığında kağıdın kıymetli bir ürün olduğu, değerli bir hammadde olarak lifsel özelliğini yitirinceye kadar atık kağıtların her defasında kullanılmasından anlaşılmaktadır. Bu açıdan atık kağıtlar verimli ve etkin bir biçimde değerlendirilmelidir.

Önemli bir planlamaya ihtiyaç duyan süreç; atık kağıtların toplanması, balya yapılması, taşınması, gruplandırılması ve yeniden üretimi şeklinde olması gerekmektedir. Küresel boyutta bu sürecin en uygun biçimde yönetilmesi gerekmektedir. İki ayrı işlem basamağı olarak toplama ve balyalama işlemleri süreç

içerisinde yer almaktadır. Bu işlemler atık toplayıcı firmalar tarafından yapıldığı belirtilmiştir. Bu yüzden iş gücü maliyeti de yüksek olmaktadır. Bunların sonucunda atık kağıtların ilk kaynaktan ayrıştırılıp sınıflandırılmasını planlamak çevresel ve ekonomik sorunların oluşmasında engel olacaktır (Kaya, 2015).

1950’li yıllarda ABD’de kağıt enstitüsü tarafından atık kağıt standardının ilk olarak yayınlandığı bilinmektedir. Farklı türdeki kağıtları bir arada bulunduran atık kağıt stoklarının ticaretinde oluşabilecek yanlış anlaşılmalara önlenmesi ve atık kağıt toplanması ve ticaretinde birtakım kural ve kavramların ortaya konmasında yayınlanan bu standart çok etkili olmuştur. Sonrasında bazı standartlar ve tanımlamaların ortaya çıkması ile kağıt üreticileri, kağıt ticareti ile uğraşanlar ve araçlar arasında ortaya çıkacak yanlışlıkların önüne geçilmiştir (Thompson, 1978). Çizelge 1.4’de geri dönüşümü yapılacak kağıt sınıfları, açıklamaları ve kullanım alanları verilmiştir.

Çizelge 1.4. Geri dönüşümde kullanılan kağıt sınıfları (Thompson, 1978)

Sınıf	Tanımlaması	Kullanım Yeri
Karışık kağıtlar	Mekanik veya kimyasal hamurdan imal edilmiş farklı kalitede ev ve ofislerden alınmış kağıtlar, kağıt fabrikasında oluşan kenar kesim fazlalıkları	Kağıt-karton kutu imalatında
Gazete atıkları	Ev ve ofislerden toplanan yüksek mekanik hamur içeren eski gazeteler	Gazete kağıdı ve izolasyon kağıt levha ürünleri üretiminde
Atık karton kutular	Marketler, kargo kutuları, fabrikalar, ofislerde kullanılan her türlü eski karton kutular, karton fabrikasında oluşan atıklar	Kağıt-karton kutular, ambalajlama paketleme malzeme üretiminde
Kağıt fabrika atıkları	Kağıt üretimi sırasında oluşan baskı yapılmamış beyaz ve renkli kağıtlar, beyaz veya yarı ağartılmış kağıtlar, kağıt dönüşüm tesislerinde oluşan artık kağıtlar	Beyaz veya renklendirilmiş kağıtlar, desenli veya beyaz olmayan kağıt havlu üretiminde
Mürekkepli atıklar	Yüzeylerinde baskı, yazı veya mürekkep bulunan her çeşit kağıtlar (defter, kitap, magazin, dergi, afiş, ilan, fotokopi kağıtları, beyaz ve renkli kağıtlar, bilgisayar çıktısı)	Beyaz veya renkli kağıtlar, beyaz olmayan kağıt havlu üretiminde

1.2. Oluklu Mukavva Kağıt ve Kartonlar

Ambalajın tanımı yapıldığında elde edilen ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaşma sürecinde dağıtım zinciri şeklinde belirtilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma fonksiyonlarında içerdiği ürünü, koruyan ve üzerinde bulunan bilgiler ile iletişim gerçekleştiren en uygun maliyete sahip kaplar veya sargılar olarak ifade edilmektedir. Ambalaj malzemeleri içerisinde tercih sıralamasında kağıt malzemesinin ucuz ve işlenmesi kolay olması sebebiyle kağıt ve karton esaslı ürünler ilk sırada bulunmaktadır (Önen, 2002).

Kağıda dayalı ambalaj ürünleri genellikle kağıt, karton ve oluklu mukavva ambalajlar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Bayraktar, 2004). 20. yüzyılda kağıttan elde edilen en önemli ambalaj maddelerinden birisi oluklu mukavva olarak bilinmektedir. Oluklu mukavva iki düz karton (liner) arasında bunları birleştiren oluklu bir kartondan (fluting) ibaret olan yapısından dolayı şok ve basınca çok dayanıklı bir yapı olarak belirtilmiştir (Önen, 2002).

Yeni bir kağıt kullanımı olarak oluklu mukavva, mal ve eşyaların korunması ve paketlenmesi ihtiyacı sebebiyle ortaya çıkmıştır. Zamanla değişmesine rağmen oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Geri dönüştürülebilir ve çevre uyumu en yüksek olan, yeniden üretilen, yeniden kullanılabilir bir hammadde olarak bilinmektedir (Bayraktar, 2004).

Genellikle odundan, yıllık bitkilerden, atık kağıttan temin edilen, türüne göre farklı oranlarda kullanılan lif, su, katkı maddeleri ve kağıt yapım teknikleri ile birlikte oluklu mukavva üretiminde kullanılan kağıtlar üretilmektedir. Oluklu mukavvayı oluşturan strüktürel elemanlar, yüzlerde kullanılan “Liner”, ondülede kullanılan “Fluting” cinsi kağıtlar olarak bilinmektedir. Liner olarak adlandırılan kağıtlar, istenildiğinde esmer, beyaz ya da renklendirilmiş olabilen “Kraft Liner”, “Test Liner” ve “Schrenz”, ondülede kullanılanlar ise “NSSC Fluting”, “Saman Fluting” ve “Schrenz” olarak ifade edilmektedir. (Önen, 2002). Schrenz veya geri kazanılmış kağıt (recycled) olarak adlandırılan ve üretilen kağıtlar cinslerine göre liner veya fluting olarak kullanılabilir (Bayraktar, 2004).

1.2.1. Testliner kağıt ve kartonlar

İkincil lif üzerine esmer veya beyaz birincil veya ikincil lif eklenerek üretilen iki veya üç katlı liner kağıtlardır. Yine oluklu mukavva üretiminde iç ve dış astar olarak da kullanılabilirler (Şekil 1.1). Ancak, oluklu mukavva kutu astarı olarak geri dönüştürülmüş kağıt lifi kullanımı, kutunun dayanıklılığını büyük ölçüde azaltır. Eğer, test liner kağıtlar yüksek kaliteli seçilmiş atıklardan üretilir ve üzeri boyanırsa ortaya imitasyon kraft olarak adlandırılan ve mükemmel dayanıklılığı olan kağıtlar ortaya çıkar (URL-3, 2022).

Günümüzde yaygın kullanımları bulunan testliner kağıt ve kartonların patlama indisi değerleri 2-3.5 kPa.m²/g, gramajları ise 90-200 g/m² arasında değişebilir (Önen, 2002).



Şekil 1.1. Testliner kağıt ve kartonları

1.2.2. Beyaz Testliner Kağıt ve Kartonlar

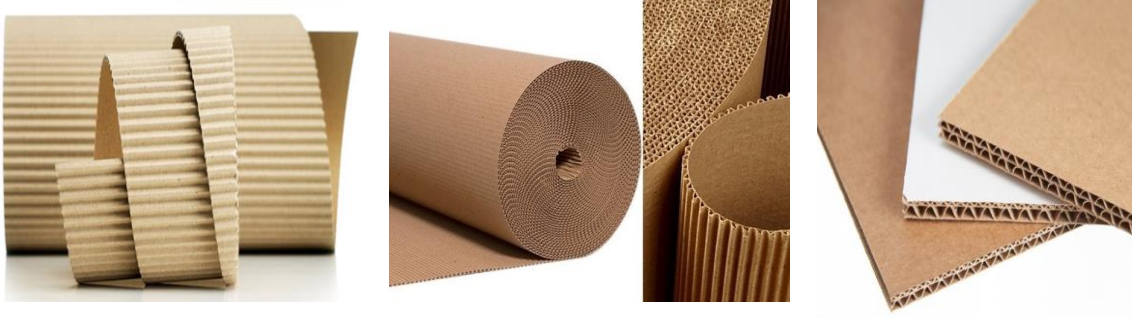
Beyaz testliner kağıt ve kartonu, çift tabakalı olup üst örtücü yüzeyi ağartılmış birincil elyaftan veya atık ofis ve magazin kağıtlarından geri dönüşüm işlemi sonrası elde edilen elyaflardan üretilir (Şekil 1.2). Alt taban kağıdı ise gri veya kahverengi % 100 geri dönüştürülmüş elyaflardan elde edilir. Geniş üretim aralığına sahip olan beyaz testliner kağıt ve kartonların patlama indisi değerleri 2 ile 3.8 kPa.m²/g olarak değişiklik göstermektedir.



Şekil 1.2. Beyaz testliner

1.2.3. Fluting Kağıt ve Kartonlar

Oluklu mukavvanın ondüle kısmında fluting (yiv, oluk, dalga) cinsi kağıtlar bulunmaktadır (Şekil 1.3). Oluklu mukavvanın ondüle kısmında yer alan bu cins kağıtlar üç farklı şekilde üretilmektedir. Bunlar; NSSC fluting, saman fluting ve Schrenz olarak adlandırılmaktadır. Oluklu mukavvayı oluştururken kullanım yerine göre farklı özellikte fluting kağıt seçilmelidir. Örneğin; nemli ortamda yer alan kutuların üretimi için düşük gramaja sahip zayıf fluting kağıtları tercih edilmelidir (Aşan ve Fenman, 2000).



Şekil 1.3. Fluting

Tek yüzlü oluklu mukavva, tek dalga oluklu mukavva, çift dalga oluklu mukavva gibi çeşitler kullanılan liner ve fluting kağıtların sayısına göre ortaya çıkmaktadır. Örneğin; iki adet ondüle tabakası ve üç adet liner tabakaya sahip olursa çift dalga oluklu mukavva olarak adlandırılmaktadır (Önen, 2002).

Dalga yani flute olarak da bilinen kısım oluklara dik olan kesitte ondülenin dalga şeklinde görülmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yapının sınıflandırılması ise boyuna, yüksekliğine ve metredeki sayısına göre gerçekleşmektedir. Bununla birlikte oluklu mukavvanın ondüle tabakasında yer alan flute kısmının şekli liner oranla daha fazla kağıdın kullanılmasına teşkil etmektedir. Take-up faktörü dediğimiz kural ise 1 m liner karşı sahip olduğu dalga cinsine göre fluting miktarının ondüle katsayısını vermesi olarak bilinmektedir (Aşan ve Fenman, 2000).

1.3. Kuşe Harcı ve Kuşeleme Tekniği

Kuşe harcı, kağıdın yüzeyinin kaplanmasında mineral madde ve yapıştırıcılardan oluşan harç olarak adlandırılmaktadır. Yapılan bu işleme de kuşeleme denilmektedir. Kuşe kartonların kuşeleme sürecinde PET veya bitkisel maddeler ile kalsiyum karbonat kullanılmaktadır. Kuşeleme sonrasında ortaya çıkan bu kuşe kartonlar hafif ve direnci yüksek malzemeler olarak belirtilmiştir. Bu kuşe kartonlar istenildiği gibi kesilebilmekte ve şekil verilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004; Bucak, 2014).

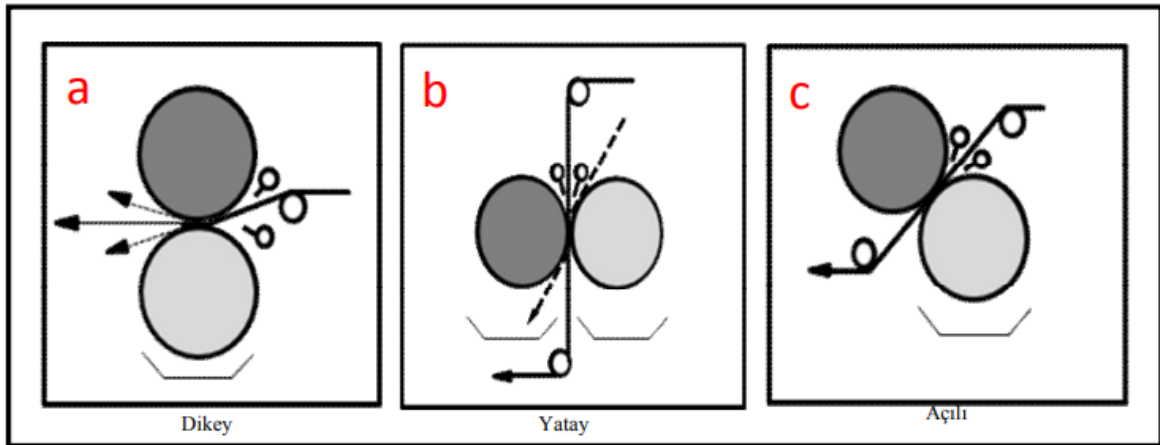
Kuşe harcı hazırlanırken içerisine kalsiyum karbonat (CaCO_3) ilavesi ile vizkozite azaltılarak yoğun bir kuşe harcı elde edilebilmektedir. Türkiye’de kuşe harcı ve dolgu malzemesi olarak çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC) üretilmektedir. Bu karbonat türü dolgu maddesi olarak kauçuk üretiminde, sıvama maddesi olarak kağıt

üretiminde ve boya/diş macunu üretiminde kullanılmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001; Bucak, 2014).

Kuşeleme işleme kartonların yüzeyine kuşeleme cihazı ile belli katlarda uygulanmaktadır. Kuşelenen kağıtlar belli şartlar altında kondisyonlandıktan sonra belli basınç ve sıcaklık altında kalenderleme işlemine tabi tutulup tekrar kondisyonlanmaktadır (Tutuş ve ark., 2018).

1.4. Size Pres Teknolojisi

Size preste temel amaç; kağıt yüzeyinin baskı kalitesini ve fiziksel mukavemetini arttırmaktır. Presler arasında belirli bir kuvvet altında bir nişasta havuzu oluşturarak ve bu havuz içerisinden geçen kağıdın tek veya çift yüzeyinin de nişasta ile kaplanması sonucu çalışmaktadır. Size pres teknolojisinde kağıdın presten geçiş şekline göre adlandırılan üç farklı tipi bulunmaktadır (Şekil 1.4). Bunlar düşey, yatay ve açılı size preslerdir. Düşey size preste, pres valsleri aynı dikey eksen üzerinde bulunmaktadır, yatay size preste de pres eksenleri aynı yatay eksen üzerinde bulunurken açılı size preste durum farklıdır ve pres valsleri safiha yaklaşık 15-18° lik bir açı ile çıkacak şekilde yerleştirilmiştir (Tunca, 2010).

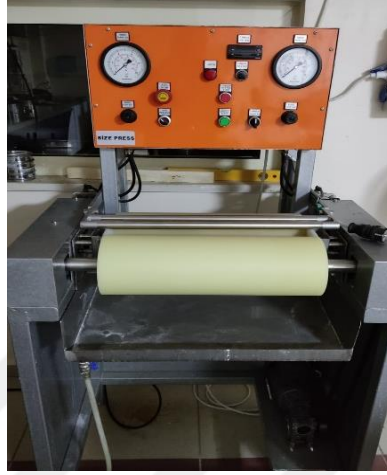


Şekil 1.4. Size pres tipleri (Tunca, 2010)

1.4.1. Kuşelemede size pres uygulaması

Günümüz teknolojisinde üç farklı kuşe uygulama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar; film pres, size pres ve spreyleme olarak kağıt yüzeyine uygulanan yöntemlerdir. Üretim kapasitesine bağlı olarak çok hızlı makinelerde yüksek nişasta konsantrasyonunda film pres tercih edilmektedir. Size preste olduğu gibi film preste de

nişasta kağıt yüzeyine kaplanmaktadır. Sanayide bulunan spreyleme yöntemi yaygın kullanılmayan bir teknolojidir. Size preste ise iki pres arasında kuşe harcı göleti oluşturularak, kağıdın baskı kalitesini arttırmak için yüzeyde kaplama yöntemi ile düzenli bir formasyon elde etmektir (Şekil 1.5). Bu yöntem sayesinde spreylemede oluşan kalınlık ve homojenizasyon bozulmaları size pres ve film pres uygulamalarında görülme olasılığı çok daha azdır (Eroğlu ve Usta, 2004; Bucak, 2014).



Şekil 1.5. Size pres

1.5. Atık Ofis ve Magazin Kağıtlarından Beyaz Testliner Kağıt Hamuru Üretimi

İstenilen çeşitteki kağıt üretimi için farklı kaynaklardan temin edilen heterojen yapıda bulunan atık kağıt hammaddesini yeknesak ve temiz kağıt hamuru haline çevirmek atık kağıt proseslerindeki amaç olarak belirtilmektedir. Atık kağıt hamurları, birincil kağıt hamurlarından farklı şekilde, uğradıkları çevrim işlemlerine ve elde edildikleri kağıt çeşidine göre bir takım lif dışı katkı maddeleri ile karışım halinde yer aldığı bilinmektedir (İmamoğlu, 2002).

Genel olarak ikincil lif kaynaklar; okullarda ve işyerlerinde kullanılan defter, yazıcı kağıtları, fotokopi gibi kesim ve matbaa tesislerinin mekanik hamur oranı düşük beyaz kağıt içerikli atıkları, temizlik ve yazı kağıdı üretiminde kullanılan malzemeler olarak bilinmektedir (İmamoğlu, 2002).

Kağıt ağırlığının %0.5-2.0'sini teşkil eden kullanılmış kağıt üzerindeki mürekkep miktarının tamamının lifler üzerinden beyaz bir hamur elde etmek için temizlenmesi gerekmektedir. Mürekkebin kimyasal yapısıyla, kağıda uygulanan kuşeleme şekli, kağıt yapımı esnasında kullanılan yapıştırıcının cinsi ve çözecek uygun

çözücünün kullanılması ile mürekkebi uzaklaştırmak için kullanılacak yöntem mürekkebin iyi temizlenmesi için önemlidir (İmamoğlu, 2002).

1.5.1. Hamurlaştırma işlemi

Atık kağıtların kullanım oranları kağıt endüstrisi içerisinde zamanla artış göstermektedir. Türkiye’de ilk yerli kağıt üretimi yapan fabrikanın 1930 yılının sonun doğru İzmit’te kurulduğu bilinmektedir. Bununla birlikte teknolojinin ilerlemesiyle karmaşık yapıda kağıtların üretim sürecinden sonra yeni kurulan fabrikalardaki pulper üniteleri ve safsızlıkları uzaklaştırma süreci için kullanılan ekipmanlar karmaşık hal almışlardır (Kırcı, 2004).

Atık Kağıtların tekrar liflerinin ayrılarak kağıt hamuruna dönüştürülmesi, pulper ünitesinin ana görevi olarak bilinmektedir. Pulper üniteleri, kağıt makinesinden sonra ortaya çıkan kopukluklar veya birincil hamurun hamur haline getirilmesi için kullanmakla birlikte atık kağıtlar için de kullanılmaktadır. Pulper ünitesinin mekanizması incelendiğinde %20 ve altındaki hamur konsantrasyonları için mekanik enerji kullanılarak süspansiyona makaslama etkisiyle kağıtta bulunan hidrojen bağlarının parçalanması süreci ortaya çıkmaktadır. Sulu ortamda lif açma işleminin gerçekleşmesi için üç neden bulunmaktadır (Kırcı, 2004);

1- Islatma faktörü: Islatma işlemi, kağıt ile dolu olan pulper ünitesine su eklenerek arzu edilen konsantrasyonda gerçekleştirilmesi,

2- Sirkülasyon faktörü: Sulu bir ortamda atık kağıt ile suyu karıştırmak ve lif yapısına kadar açmak için yüksek bir makaslama bölgesinin oluşturulması,

3- Sürtünme faktörü: Sulu bir ortamda liflerin bireysel halde olması için yüksek oranda makaslama bölgesindeki topakların yırtılması ve yüksek hız ile dönen elementlerin etkisiyle ortamdan uzaklaştırılması ve atık kağıtların daha iyi yönde açılması için bazı koşullarda kimyasal madde eklemesi veya yüksek sıcaklık uygulanması.

Pulper ünitesi atık kağıt sisteminin kalbi olarak bilinmektedir. Hamurlaştırma işlemi sonrasında performansın az olması diğer aşamalarda büyük zorluklara sebep olmakta ve düzeltme işlemlerini gerektirmektedir. Hamur içerisinde lif yapısında olmayan çöplerin uzaklaştırılmasını sağlayan pulper ünitesi, en üst seviyede liflendirme işlemini gerçekleştirmektedir. Genellikle lif yapısında bulunan ağır parçacıklar ve uzun

çöpler pulper ünitesinde tutularak hamurdan ayrılmaktadır. Ayrıca pulper ünitesinde; lifler üzerinde bulunan mürekkebin ayrılması, gevşetilmesi ve süspansiyon içine dağılması işlemlerinin gerçekleştiği belirtilmiştir (Kırcı, 2004).

Atık kağıt prosesinin ilk basamağı, pulper ünitesinde liflerin serbest hale geçirilmesi işlemi olarak bilinmektedir. Mürekkep partiküllerinin serbest hale getirilme işlemi, erken aşamada kaba kirliliklerin ortamdan uzaklaştırılma süreci, atık kağıtların serbest lifler haline dönüştürülmesi ve ağartma işlemi için kimyasal maddelerin sisteme verilmesi hamurlaştırmanın temel fonksiyonları arasında yer almaktadır (Holik, 2000).

Pulperler gerek sürekli ve kesintili çalışmaları gerekse çalışma konsantrasyonlarına göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda (%7'nin altı) çalışan pulperler çoğu kez eski oluklu mukavvaların hamur haline getirilmesinde ve düşük konsantrasyonda idare edilen mürekkep uzaklaştırma hattında kullanılmaktadır. Orta (%10-16) ve yüksek (%16'nın üzeri) hamur konsantrasyonunda çalışan pulperlerin çoğunluğu mürekkep giderme işleminin de bir parçasıdır. Yüksek konsantrasyonda (%16'nın üzeri) sürekli çalışan pulperler yatay silindirik gövdeli yeni nesil aygıtlardır. Yüksek konsantrasyonda sürekli çalışan pulperlerde atık kağıt, su, kimyasal maddeler ve sıcaklığın çok hassas bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir (Kırcı, 2004).

Bu sebeple, üretim esnasında kesikli ve sürekli olarak faaliyette olan 10-20 ton kapasitesine sahip hidropulper üniteleri kullanılmaktadır. Hidropulper ünitesi seçiminde; %10-18 kuru madde oranı ile faaliyet gösteren konsantrasyonu orta ve yüksek olan hidropulper üniteleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte etkili kir uzaklaştırma süreci için silindir tipi pulper üniteleri de kullanıldığı bilinmektedir. Pulper ünitesinin yüksek yoğunluğa sahip olmasının avantajları aşağıda gösterilmektedir (Crow ve Secor, 2000);

1. Lifler üzerinde yer alan mürekkebin hızlı ayrılması, bu yüzden işlem sonrasında daha temiz bir hamurun elde edilmesi,
2. Hamurlaştırma işleminin süresini kısaltması,
3. Lifler arasındaki sürtünmenin daha çok olması sebebiyle mürekkeplerin dispersiyon işleminin hızlanması,
4. Bir ton hamur için enerji tüketiminin daha düşük olması,

5. İlave edilen ağartıcı kimyasal maddeler ile mürekkep gidericinin lifler ile etkileşiminin daha hızlı gerçekleşmesi olarak bilinmektedir.

İlk olarak pulper ünitesi içerisine belirli miktarda atık kağıt alınmakta ve sonrasında gereken kimyasal maddeler ve su ilave edilmektedir. Pulper işleminin etkinliğini belirleyen en önemli faktörler arasında; sıcaklığı, pulper kesafeti, süresi ve ilave edilen kimyasal madde oranı yer almaktadır (Fallows, 1995). Pulper ünitesinin sıcaklığının artması ile hamurlaştırma süresi kısaltılmaktadır. Sebebi ise yüksek sıcaklık faktörünün, mürekkep ve diğer kirlerin yumuşaması ile lifin yüzeyinden ayrılmasını hızlandırırken diğer yönden kimyasal maddelerin etkinliğini artırmaktadır (Cleveland, 1993). Daha çok hamurlaştırma şartlarından dolayı atık kağıdın ıslanması gerçekleşse de kağıt ağırlığı ve türünün etkisinin de fazla olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda hidrojen bağları ile su moleküllerinin bağlanması sonucunda lifler arasında ortaya çıkan bağların kuvveti, kağıtların su ile seyreltilmesiyle azalmaktadır. Eski oluklu mukavvalar, sahip oldukları havadan dolayı gazete kağıdına göre daha zor ıslandığı bilinmektedir (Mckinney, 1995). Bu işlem sonrasında liflerine ayrılmış hamur seyreltme işlemi ile perfore elekten geçirildikten sonra deflaker (düğüm çözücü), temizleme, eleme gibi ekipmanlara sevk edilmektedir.

1.5.1.1. Hamurlaştırma işleminde kullanılan kimyasallar

1.5.1.1.1. Formamidin sülfirik asit (FAS)

1983 yılında alınan bir patent ile FAS (Formamidin sülfirik asit) kimyasalının atık kağıtların ağartılması sürecinde tek başına ya da diğer ağartıcılarla kullanılması önerilmektedir (Süss ve Krüger, 1983). FAS kimyasalının özellikleri arasında indirgen olması, kokusuz ve beyaz renkli olma özelliği yer almaktadır. Bu kimyasalın formülü $CH_4N_2O_2S$, yoğunluğu 1.68 g/cm^3 ve molekül ağırlığı 108.12 g/mol olarak belirtilmiştir. Alkali ortam içerisinde litrede 100 grama kadar çözünebilen FAS kimyasalının su içerisinde 27 grama kadar çözüldüğü ifade edilmektedir. Kısa raf ömrüne sahip olduğu için ağartma yapılacağı zaman çözeltisinin hazırlanması gerekmektedir. pH değeri 4 olması için litrede 10 gram çözdürülmesi gerekmektedir. Kuru ve soğuk ortamda depolanması gereken bu kimyasalın 123°C 'de bozulduğu bilinmektedir (Anonim, 1999).

FAS kimyasalı plastik kutu içerisinde ya da 50 kg'lık torbalarda satılmaktadır. FAS kimyasalının aktif madde oranı %95'ten fazla olmakla birlikte bu oran iyodimetrik

titrasyonla tespit edilmektedir. Hamurlaştırma işleminin en önemli konuları arasında hamur parlaklığı konusu yer almaktadır. Hamurlarda yüksek parlaklığa ulaşmak için üç temel prensip bulunmaktadır (Matzke ve ark., 1994);

1. Atık kağıtlar iyi derecede temizlenmeli ve sınıflandırma işlemi yapılarak kullanılması,
2. En uygun şekilde mürekkep giderme ve temizleme süreçlerinin ortaya koyulması,
3. Üretim esnasında hamurlaştırma işlemlerinin geliştirilmesi.

Çevre dostu ağartma sistemlerinin araştırılması zamanla artmıştır. Çünkü ağartılmış atık kağıtların hamuruna olan talep giderek artmaktadır. FAS kimyasalı ile ilgili araştırmalar 1990'lı yıllardan sonra artış göstermiştir. Diğer indirgen özelliğe sahip ağartıcılara göre FAS kimyasalı atmosferik havaya karşı daha çok dayanıklı olduğu bilinmektedir (İmamoğlu, 2002).

Ağartma kulesi dışında yer alan atmosferik hava ile temasa geçen bölümlerde de ağartma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple, etkili bir ağartma işlemi için üç yol bulunmaktadır (Kronis ve Nimmerfroh, 1994);

1. Pulper ünitesinde hamurlaştırma işleminin gerçekleşmesi,
2. Dispersiyon ünitesinde yüksek sıcaklık ve kesafet ile dispersiyon işleminin yapılması,
3. Ağartma kulesi ile son ağartma işleminin yapılması.

Pulper ünitesi içerisine FAS ile NaOH doğrudan ilave edilerek en basit yöntem ortaya çıkmaktadır. Ek yatırım ve modifikasyona ihtiyacı olmayan kurulu düzen proses hattı, endüstri açısından en çok tercih edilen sistem olarak bilinmektedir. Ağartma etkinliğinin daha da artması için iyi ölçüde tasnif edilmiş ofis kağıtları kullanılmaktadır. Dispersiyon ünitesi, FAS'ın kağıt hamuru için diğer ilave noktalarından birisi olarak görülmektedir. 1990 yılında Berger ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, FAS kullanılması ile dispersiyon ünitesinde gerçekleşen ağartma işlemi sonucunda boyalı kağıtların sahip olduğu boya çok iyi bir şekilde gidermişlerdir ve parlak ve homojen bir hamur ortaya çıkarmışlardır. Dispersiyon sıcaklığı, dispersiyon ağartma işleminde dikkat edilmesi gereken konu olarak bilinmektedir. Sebebi ise 120°C üzerindeki sıcaklıkta FAS kimyasalının yapısının bozulması olarak ifade edilmektedir (Berger ve ark., 1990).

1.5.1.1.2. Sodyum silikat (Na_2SiO_3)

Mürekkep uzaklaştırma işlemi yapan fabrikalarda, sodyum silikat 41.6 derecelik sodyum metasilikat çözeltileri şeklinde hazırlanmaktadır. Aynı miktarda Na_2O ve SiO_2 içerdiği bilinmektedir. Ortaya çıkan bu oran ile sodyum silikat, sodyum hidroksitin %11'i kadar alkalilik özelliği ortaya koymaktadır (Peşman, 2010).

Genellikle silikatların ağır metal iyonları ile karşılaştıklarında kolloidal yapılar oluşturmaktadır. Bu yüzden silikatların oluşturdukları bu yapılar ile hidrojen peroksit ağartma reaksiyonlarını koruduğu ifade edilmektedir (Peşman, 2010). Bununla birlikte, birkaç avantaja daha sahip olan silikatlar; lifler üzerinde mürekkebin tekrardan tutunmasını önlemekte ve mürekkep parçacıklarının dispersiyon sürecini hızlandırmaktadır (Ferguson, 1992).

1.5.1.1.3. Sodyum hidroksit (NaOH)

Genellikle sodyum hidroksit kimyasal kağıt fabrikalarında %50 konsantre çözelti olarak kullanılmaktadır. Hidrojen peroksitin kullanıldığı ağartma sürecinde alkali takviyesi olarak NaOH çözeltisi kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu kimyasal kağıt üzerindeki liflerin şişirilmesiyle mürekkepten ayrılmasına yardımcı olmaktadır. Sebebi ise NaOH , yağ özelliğindeki maddeleri sabunlaştırmasıyla süspansiyon içine geçmesini sağlamaktadır (Kırcı, 2004.).

1.5.1.1.4. Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit ile ağartma işlemi yapıldığında; benekleme sorunu çıkaran reçine miktarı azalır, liflerin esnek hale gelmesi sağlanır, kağıdın eskime hızı yavaşlar, hamur temizlenmesi süreci kolaylaşır ve temizlik kağıtlarındaki gölge izi oluşturma süreci kolay hale gelmektedir (Rudra, Bjorn, 1979). Bunun aksine bu kimyasal ile ağartma işlemi esnasında lignin yapısında konjuge haldeki karbonil grupları ve çift bağlı sistemler ışığın etkisiyle kağıdın sararmasına neden olduğu bilinmektedir (Casey, 1980).

1.5.1.1.5. Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)

Çeşitli dolgu maddeleri, kağıt ve karton üretimi esnasında lif yönünden hammadde kullanımını en aza indirmek için kullandığı bilinmektedir. Dolgu özelliği bulunan maddeler; kaliteli baskı, düzgün yüzey ve daha beyaz kağıt elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kağıtların eskimelerini minimize etmek ve selüloz liflerinde oluşan asit hidroliz kaynaklı bozunmaları önemli ölçüde engellemek için alkali dolgulardan biri olan kalsiyum karbonat (CaCO_3) tercih edilmektedir. Fakat bu dolgu

işleminde zayıf mukavemet ve düşük tutunma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Aksi takdirde küçük yapıya sahip dolgu maddelerini kağıt içerisinde mekanik ve fiziksel olarak tutunmasını sağlamak zorlaşmaktadır. Kısa elyafın boyutundan bin kat daha küçük olan bir kalsiyum karbonat taneciği, selüloz liflerine göre daha fazla yüzey alanı içerdiklerinden kağıt üretiminde katkı maddesi olarak kullanımı artmaktadır (Gill, 1995; Eroğlu ve Usta, 2004; Karademir ve ark, 2005).

1.5.1.1.6. Talk

Kağıt üretiminde endüstriyel hammadde olarak dolgu ve kaplama mineralleri farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Üretilen kağıt cinslerine göre kullanım oranları değişiklik göstermektedir. Kağıt üretiminde talk opaklık ve poroziteyi artırması ile birlikte lifler arası boşlukları doldurularak yüzey düzgünlüğünü iyileştirir ve böylece kağıdı baskıya uygun hale getirmektedir. Ayrıca talk geri dönüşümlü kağıt üretim proseslerinde kağıdın mürekkepten temizlenmesine de yardımcı olmaktadır. Yıpranma açısından büyük bir dirence sahip olan talk kağıtların ömürlerini uzatmak için de kullanılmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

1.5.2. Depolama

Elde edilen kağıt hamurlarının depolanması kağıt endüstrisi için önemli olmaktadır. Genel olarak mikrobiyolojik enfeksiyonların çok görüldüğü yerlerde saklanmaktadır. Eğer depolama şartları iyi düzeyde gerçekleşirse mikrobiyolojik zararlar azaltılması sağlanacaktır. Bu sebeple mikroorganizmaların kağıt hamurları içerisinde büyümesini önlemek ve azaltmak için optimum ve uygun maliyetle korunması gerekmektedir. Fabrikanın çeşitli yerlerinde bulunan mikroorganizmaların engellenmesi için onları yok eden kimyasal maddelerin de kullanılması gerekmektedir. Düzgün bir depolama ile üretimde kullanılacak hammadde kaybının azalması, üretim sırasındaki zaman kaybının önlenmesi, üretim artıklarının azalması ve verimin artması beklenmektedir (Akkayan, 1987).

1.5.3. Mürekkep Giderme

Mürekkep giderme işlemi ile kağıt hamuru üzerinde yer alan baskı mürekkeplerinin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Yüzdürme (flotasyon) ve yıkama yöntemi olmak üzere iki yöntem ile mürekkep giderme işlemi yapılmaktadır. Fakat yüzdürme yöntemi ile elde edilen verim daha yüksek olmaktadır. Bu iki yöntemde

mürekkep boyutlarına göre dezavantajları incelendiğinde; yüzdürme metodu 20 µm'den küçük boyutları uzaklaştırmada güçlük çekerken, 20 µm'den büyük boyuttaki mürekkep parçacıklarını yıkama metodu ile uzaklaştırma zor olmaktadır (Morel, 1989).

Hamur içerisinde bulunan mürekkep parçacıkları yüzdürme yöntemi ile oluşturulan hava kabarcıklarının kullanılmasıyla yüzeye taşınması ile gerçekleşmektedir. Bu yöntem için hamur üzerinde yer alan mürekkep parçacıklarının boyutları 30 ile 80 µm boyutları arasında olması istenmektedir (Borchardt, 1999).

Flotasyon ünitesi içerisine oleik yağ asidi, palmitik asit gibi asitlerin sodyum tuzları ilave edilerek flotasyon işleminin verimliliği artırılmaktadır. Bu sodyum tuzları ortamda bulunan kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek kalsiyum tuzlarını meydana getirmektedir. Ortaya çıkan madde mürekkep parçacıklarının yüzeyini kaplamaktadır. Ayrıca bu süreçten sonra mürekkep parçacığı hidrofobik özellik kazanmaktadır. Hidrofobik özellik kazanan mürekkep parçacıkları hava kabarcıklarına tutunarak süspansiyondan uzaklaşmaktadır (Ferguson, 1992).

1.5.4. Dispersiyon (Yoğurma)

Hamur yoğurma esnasında en önemli etkenler hamurun konsantrasyonu, sıcaklık ve basınç değerleri olarak bilinmektedir. Bu süreçte hamur içerisinde bulunan kirler ve mürekkep parçacıkları dağıtılmaktadır. Yoğurma işleminde istenen kimyasal etkinin sağlanması amaçlanmaktadır. Düzgün şekilde yapılan bir yoğurma işlemi sonucunda sıcaklık materyale homojen olarak etki göstermektedir. Genellikle yoğurma işleminin hamur konsantrasyonunun %25-30, sıcaklığın 72-83°C derecede ve atmosferik basınçta yapılması gerekmektedir. Düzenli bir şekilde yoğurma işlemi yapılmadığında mürekkep parçaları benekler halinde kalmaktadır. Bu durum kağıdın optik özellikleri ve parlaklığını düşürmektedir (Horacek, 1993).

Geri dönüşüm esnasında yapılan yoğurma işlemi ile kağıtların yeniden lif haline gelmesi kolaylaşmaktadır. Etkili bir şekilde yapılan yoğurma işlemi sonrasında; enerji ve kimyasal madde kullanımında düşük maliyet elde edilmekte, lif açma işlemi için gerekli zaman azalmakta, bir sonraki işlem olan mürekkep giderme işlemi kolaylamakta ve selüloz liflerinin geri kazanılmasında verim ve kalite artışı ortaya çıkmaktadır (Kleinau, 1990).

1.5.5. Ağartma

Belirli kimyasallar ile ağartma işlemi uygulandıktan sonra renk verici maddeler, ekstraktif maddeler, lignin ve lignin türevleri, metal iyonları ortamdan uzaklaşmaktadır. Ayrıca bu işlemden sonra istenen parlaklığa ulaşılmaktadır. Atık kağıt hamurlarında ise kalıntı ligninin uzaklaştırılması ya da yapısının değiştirilmesi, liflerin parlaklığının sağlanması ve renk verici maddelerin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır (Singh, 1978).

Atık kağıtlar daha önce kullanıldıkları ve geri dönüşüme uğradıkları esnasında birincil liflere göre değişik türde kirlilik içermektedir. Aynı zamanda atık kağıtlar içerisinde yüksek verimli mekanik hamur yer alırsa sararmalar ortaya çıkabilmektedir. Kağıt hamurunda yer alan bütün kirli maddelerin fiziksel ve mekanik olarak uzaklaştırılmasıyla temiz ve parlak hamurlar elde edilmektedir (Weinstock, 1994).

1.5.6. Yüzey (Örtücü) Kağıt Üretimi

Beyaz yüzey linerboard, bir yüzü beyaz diğer yüzü kahverengi veya kraft olan bir kraft kağıdı sınıfı olarak bilinmektedir. Bu kağıt sınıfı yüksek kaliteli ve çok renkli baskı için mükemmel özelliklere sahip olmaktadır. Beyaz yüzey linerların müşterilerin ihtiyaç ve gereksinimlerine göre kaplamalı ya da kaplamasız olarak üretilmektedir. Beyaz yüzey liner kağıtları ağırlıklı olarak birincil kağıt hamurundan yapılmaktadır. Zamanla ikinci hamur olan atık kağıtlarından mürekkeplerin giderilmesi ile elde edilen hamurlar kullanılarak da yüzey kağıtlar elde edilmektedir. Beyaz yüzey kağıtları düz ve parlak yüzeye sahip olmaktadır. Yüksek kalite ve çok renkli grafik özelliklerine sahip olduğu için ambalaj sektöründe yaygın kullanımı bulunmaktadır (Jamnicki ve ark., 2010).

Alternatif lif kaynağı olarak mürekkepleri giderilmiş ofis kağıtları beyaz yüzey kağıtların üretiminde kullanılmaktadır. Mürekkepleri giderilen atık kağıtlardan elde edilen yüzey kağıtlarının parlaklık değerleri %7-14 arasında ve beyazlık değerleri %4-11 arasında artış göstermektedir (Jamnicki ve ark., 2010).

Atık kağıt sınıflarının beyaz yüzey kağıtlarında kullanılmasının bir sebebi de maliyeti düşürmek olmaktadır. Çünkü birincil kağıt hamurundan elde edilen yüzey kağıtların maliyeti yüksek olmaktadır. Atık kağıtlardan elde edilen kağıt hamurlarının ambalaj kağıdı üretiminde iki amacı bulunmaktadır. Bunlar; üretim maliyetlerini korumak, yüzey ve yüzey altı katmanların gramajlarını üretim esnasında değiştirmektir (Blasius ve Manoiu, 2010).

1.6. Çalışmanın Amacı ve Özgün Değeri

Beyaz testliner kağıtlar; ikincil esmer ya da kahverengi elyaf üzerine beyaz birincil ya da ağartılmış ikincil elyaf eklenerek üretilen iki katlı veya üç katlı kalitesi yüksek olan kağıtlardır.

Bu çalışmayla, atık beyaz kağıtlardan ve kuşe harcından katma değeri yüksek bir ürün olan kaliteli beyaz testliner kağıtların ülkemizde üretilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte, bu önemli ürünün ülkemizde üretilmesiyle beyaz testliner kağıtların ithalatının azaltılması ve ihracatının artırılması da hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, beyaz testliner kağıtlarda, kahverengi olan taban kağıdının yüzey örtücülüğünün geri dönüşümü yapılmış atık beyaz kağıt ve kuşe harcı ile yapılmış olması bu tezin bu alanda ilk, özgün ve orijinal bir çalışma olduğunu göstermektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Schwinger ve Dobias (1991), yapılan araştırmada mürekkep giderme işleminde kalsiyum iyonlarının etkisini bulmayı hedeflemişlerdir. Araştırma sonucunda ortamda kalsiyum iyonlarının fazla miktarda bulunmasının mürekkep uzaklaştırma etkinliğini arttırdığını ve bu iyonların ortamın zeta potansiyelinin manyetikliğini azaltmasından dolayı hamur verimini azalttığını ifade etmişlerdir.

Cleveland (1993), hamurlaştırma süresi ile ilgili araştırma yapmıştır. Araştırmadan elde ettiği verilere göre pulper ünitesinin sıcaklığını artırarak hamurlaştırma süresinin düştüğünü bulmuştur. Bunun nedenini ise yüksek sıcaklık faktörünün, mürekkep ve diğer kirliliklerin yumuşayarak lif yüzeyinden sökülmesini hızlandırırken diğer yandan kimyasal maddelerin de etkinliğinin artması şeklinde ifade etmiştir.

Fallows (1995), pulper ünitesinde gerçekleşen işlem ile ilgili yaptığı araştırmada atık kağıdı pulper ünitesi içerisine koyup ardından su ve gerekli kimyasalları eklediğini belirtmiştir. Bu araştırmada hamurlaştırma işleminin etkinliğini belirleyen en önemli faktörleri pulper kesafeti, sıcaklığı, süresi ve ilave edilen kimyasal maddelerin oranı şeklinde tespit etmiştir.

Carre ve ark., (2000) çeşitli baskı içeren atık kağıtları kullanarak mürekkep giderme üzerine bir araştırma yapmışlardır. Sonuç olarak aynı şekilde kullanılan atık kağıt çeşidine göre flexografik (baskı sistemi) baskılı bir atık kağıt ile toner baskılı bir atık kağıdın mürekkebinin uzaklaştırılmasında farklı oranlar ve sonuçlar ortaya çıktığını görmüşlerdir.

Zhang ve ark., (2008) yaptıkları araştırmada eski/yeni gazete ve magazin kağıtları karışımlarının (7:3) mürekkep giderilmesi işlemlerinde üç farklı ticari firmadan temin ettikleri selülaz enzimlerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Araştırmadan çıkan sonuçlara göre enzimatik mürekkep giderme işleminin diğer geleneksel mürekkep giderme işlemlerine (sülfite ve alkali) göre daha az etkili olduğunu bulmuşlardır.

Peşman (2010), yaptığı araştırmada atık gazete ve magazin kağıtlarına mürekkep giderme ve ağartma işlemlerini uyguladığını ifade etmiştir. Formamidin sülfirik asit (FAS), peroksit (H_2O_2), sodyum borhidrür ($NaBH_4$) ve sodyum ditiyonit ($Na_2S_2O_4$) kimyasallarını ağartma işleminde kullandığını belirtmiştir. Sonuç olarak FAS ile

ağartma sonucu elde edilen hamurların parlaklık değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Lee ve ark., (2011) yaptıkları bir araştırmada enzimatik ve kimyasal mürekkep giderme işleminin kağıt kalitesi ve atık su karakteristikleri üzerine etkilerini karşılaştırdıklarını ifade etmişlerdir. Araştırmalarında atık ofis kağıtları ve atık gazete kağıtlarını geri dönüştürme işleminde kullanmışlar ve enzim olarak selüloz ve ksilanaz (1:5) enzimlerini karışımını, kimyasal olarak ise %2 NaOH ve %2 Na₂SiO₃ kimyasallarını uygulamışlardır. Bu araştırma sonucunda atık ofis kağıtları ve atık gazete kağıtlarında enzimatik ve kimyasal mürekkep giderme işlemi ile parlaklık değerlerinde (1.4-4.7 birim), kopma mukavemetlerinde (%1-14), patlama indisinde (%1.2-3.8) serbestlik derecesinde (%1.9-2.9) ve mürekkep gidermede (%31.1-51.2) iyileşmeler sağlarken opaklık (%0.1-2.6) ve yırtılma indisinde (%0.1-9.6) azalmalar meydana gelmiştir.

Pathak ve ark., (2011) atık fotokopi kağıtlarında enzimatik ve kimyasal mürekkep giderme işleminin optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kimyasal mürekkep giderme işleminde NaOH, H₂O₂, Na₂SiO₃ ve C₁₈H₃₄O₂, enzim olarak ise ticari selüloz kullanmışlardır. Mürekkep giderme işlemlerini ise yüzdürme ve yıkama ile yapmışlar ve bu işlemler sonucunda mürekkep giderme etkinliğini ve kağıt hamuru optik ve fiziksel özellikleri karşılaştırmışlardır.

Singh ve ark., (2012) okul atık kağıtlarının yeniden kullanılması için ksilan pektinolitik enzimleri kullanılarak mürekkep giderme işlemi yapmışlar ve enzimlerin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında enzim kullanımının geleneksel mürekkep giderme işlemlerinde kullanılan kimyasal kullanımını %50 oranında azalttığını belirtmişlerdir.

Yakut (2012), yaptığı bir çalışmada küresel ısınma ve çevre kirliliğinin dünyamızda hızla artmasından dolayı geri dönüştürülebilir kullanılmış kağıttan yeni kağıt üreten tesislerin teşvik edilmesinin enerji tasarrufu ve çevre kirliliği bakımından büyük önem taşıdığını vurgulamıştır.

Akbarpour ve ark., (2013) sodyum silikatın kağıt üretiminde düşük kağıt mukavemeti, düşük retansiyon ve formasyon bozukluğu gibi sorunlar çıkardığını belirtmiş ve bu nedenle yapmış oldukları çalışmada poli-hidroksil akrilik asit ve sodyum tuzu (PHAAS) kullanmışlardır. Eski ofis kağıtları, gazete kağıtları ve magazin

kağıtlarını geri dönüşüm işlemlerinde kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda, PHAAS kullanımı ile elde edilen kağıtların parlaklık değerleri iyileşmiş, kirlilik sayısı ve alanı ise azalmıştır.

Peşman ve ark., (2014) çalışmalarında hamur hazırlama ve mürekkep giderme işlemlerinde kullanılan hidrojen peroksit yerine sodyum etkisi üzerine bir araştırma yapmıştır. Araştırmalarında yağ bazlı mürekkep kullanılmış atık gazete ve magazin kağıtlarını kullanmışlardır. Hamurlaştırma işlemi sırasında belirli oranlarda hidrojen peroksit, perkarbonat ve perborat kimyasalları ilave etmişlerdir. Degussa tipi flotasyon hücresi kullanarak yüzdürme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Desai ve Iyer (2015), atık gazete kağıtlarının yüksek oranda ksilan içerdiğini ve bu nedenle mürekkep giderme işleminde ksilanaz enziminin kullanılması gerektiğini belirtmişler ve bu çalışmalarında *Aspergillus niger* DX-23 ile hazırladıkları selüloz içermeyen ksilanaz ile atık gazete kağıtlarının mürekkep giderme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, ksilanaz enzimi kullanılarak mürekkebi giderilen atık gazete kağıtlarının parlaklık değerlerinin enzim kullanılmadan mürekkebi giderilen atık gazete kağıtlarının parlaklık değerlerinden yaklaşık %22 daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Tutuş ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada bazı ambalaj kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerinde nişasta kullanarak size pres ile etkisini incelemişlerdir. Size preste elde ettikleri kağıtların oluklu orta testi (CMT) değeri %18.3; oluklu ezilme testi değeri %25.7 ve halka ezilme testi (RCT) değerini %41 olarak bulmuşlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, taban kağıdı üretimi için atık oluklu mukavva kağıtları, örtücü yüzey kağıdı üretimi için de atık ofis kağıdı (%50) ve atık magazin kağıtları (%50) kullanılmış olup bu kağıtlar KMK Paper atık sahasından temin edilmiştir. Hamurlaştırma sırasında sodyum hidroksit, sodyum silikat, hidrojen peroksit, formamidin sülfirik asit, çöktürülmüş kalsiyum karbonat ve talk kimyasalları kullanılmıştır. Hamurlaştırma işleminden sonra kullanılan kimyasalların aktif hale gelmesi için depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Hamurlaştırma ve depolama işlemi sonrası serbest hale gelen mürekkep parçacıklarının ortamdan uzaklaştırılması için mürekkep giderme (flotasyon) işlemi uygulanmıştır. Dispersiyon işleminde sodyum hidroksit, hidrojen peroksit ve sodyum silikat kimyasalları kullanılmıştır. Ağartma işleminde ise hidrojen peroksit, formamidin sülfirik asit ve sodyum ditiyonit kullanılmıştır. Kuşe harcı çöktürülmüş kalsiyum karbonat ile hazırlanmıştır. Kullanılan tüm kimyasallar piyasadan satın alınarak tedarik edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Hamurlaştırma işlemi

Hamurlaştırma işleminde, yüzey kağıdı için %50 atık ofis kağıdı ve %50 atık magazin kağıdı karışım oranları kullanılmış ve INGEDE metot 11p-5.5 standardında belirtilen koşullarda 2x2 cm boyutlarında el ile parçalara ayrılmış, polietilen poşetler içerisinde ışık ve sıcaklıktan korunarak depolanmış ve yüksek yoğunluklu laboratuvar tipi pulperde hamurlaştırma (Şekil 3.1) işlemi gerçekleştirilmiştir. Hamurlaştırma işlemi koşulları aşağıda Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Aynı zamanda taban kağıdı üretimi için atık oluklu mukavva kağıtlar geri dönüştürülerek hamurlaştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Örtücü yüzey kağıdı için hamurlaştırma işlemi koşulları

Deney No	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SiO ₃ Oranı (%)	Oleik Asit Oranı (%)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	FAS Oranı (%)	Talk Oranı (%)	PCC Oranı (%)
1	-	-	-	-	-	-	-
2	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	-
3	0.6	1.8	0.8	0.7	-	15	-
4	0.6	1.8	0.8	0.7	-	20	-
5	0.6	1.8	0.8	0.7	-	25	-
6	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	15
7	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	20
8	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	25
9	0.6	1.8	0.8	-	0.7	-	-
10	0.6	1.8	0.8		0.7	15	-
11	0.6	1.8	0.8		0.7	20	-
12	0.6	1.8	0.8		0.7	25	-
13	0.6	1.8	0.8		0.7	-	15
14	0.6	1.8	0.8		0.7	-	20
15	0.6	1.8	0.8		0.7	-	25

Çizelge 3.1’de yüzey kağıdı için atık ofis ve atık magazin kağıtlarının hamurlaştırma işlemi sırasında NaOH (%0.6), Na₂SiO₃ (%1.8), oleik asit (%0.8), H₂O₂ (%0.7), FAS (%0.7), talk (%15-20-25), PCC (%15-20-25) kimyasallarının kullanıldığı oranlar ile birlikte yer almıştır.

Hamurlaştırma işleminde kullanılan pulperin teknik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Pulperin teknik özellikleri

Elektrikle ısıtma		
Devir hızı (RPM)	Yavaş devir	550
	Hızlı devir	1000
Bıçak	Çift kademeli döner gül yaprağı bıçak	
Kapasite (lt)	20	
Sıcaklık (°C)	45	



Şekil 3.1. Hamurlaştırma işleminde kullanılan pulper ve bıçak yapısı

Hamurlaştırma esnasında kullanılan pulper ve bıçak yapısı Şekil 3.1’de yer almaktadır. Hamurlaştırma işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm²) gramajında deneme kağıtları üretilmiş, optik özelliklerine ve leke analizine bakılmıştır. Buradan elde edilen en iyi sonuca sahip kağıt hamuru sonraki aşamalarda kullanılmıştır.

3.2.2. Depolama işlemi

Depolama işleminin amacı, %50 atık ofis kağıdı ve %50 magazin kağıdı karışımının hamurlaştırma işlemi sonrası şişirilen lif yüzeyinden mürekkep parçacıklarının daha verimli bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak ve aynı zamanda hamurlaştırma işleminde sisteme ilave edilen kimyasalların bir sonraki aşama için işlem etkinliğini artırmaktır. Yüksek yoğunluklu pulperden çıkarılan kağıt hamurları su banyosunda Çizelge 3.3’de verilen koşullarda depolanmıştır.

Çizelge 3.3. Kağıt hamurlarının depolanma koşulları

Konsantrasyon (%)	5
Sıcaklık (°C)	45
Süre (dk)	60

Depolama sonrası kağıt hamurları mürekkeplerin uzaklaştırılması için yüzdürme (flotasyon) hücresine aktarılmıştır. Şekil 3.2 incelendiğinde su banyosu ve depolanan hamur görülmektedir. Depolama işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm²) gramajında deneme kağıtları üretilmiş, optik özelliklerine ve leke analizine bakılmıştır.



Şekil 3.2. Su banyosu ve depolanan hamur

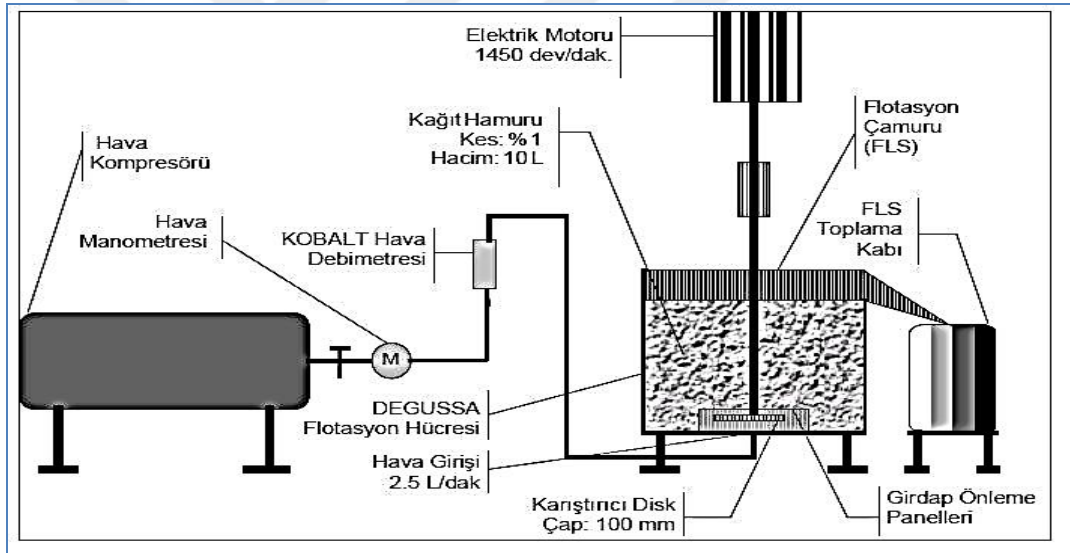
3.2.3. Mürekkep giderme (flotasyon) işlemleri

Mürekkep giderme, atık kağıt geri dönüşüm sürecinde pulperden sonra önemli olan bir diğer aşamadır. Mürekkep gidermede amaç, istenilen optik özelliklerde ve çıplak gözle görülmeyen mürekkep parçacıkları içermeyen kağıt ve karton üretilmesidir. Bu nedenle 30-80 μm büyüklüğündeki mürekkep parçacıklarının hamur süspansiyonundan uzaklaştırılmasını gerektirmektedir. Mürekkep giderme işlemlerinde Degussa Tipi Flotasyon Hücresi (Şekil 3.3) kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Flotasyon hücresi

Hamurlaştırma ve depolama işleminin ardından su banyosunda 1 saat depolanan %50 atık ofis kağıdı ve %50 magazin kağıdı hamurunda serbest hale gelen mürekkep parçacıklarının lif yüzeyinden uzaklaştırılması işleminde kullanılan Degussa Tipi Flotasyon Hücresinin şematik görünümü Şekil 3.4'deki verilmiştir.



Şekil 3.4. Degussa tipi flotasyon mürekkep giderme prosesi (İmamoğlu, 2002)

Depolama işleminin sonrası elde edilen hamurlar, kimyasal ve mekanik bir proses olan yüzdürme-flotasyon işlemi ile aşağıda Çizelge 3.4'teki koşullarda (20 litre kapasiteli Degussa Tipi Flotasyon ünitesinde) yüzdürme hücresine aktarılarak mürekkep giderme işlemleri yapılmıştır.

Atık ofis ve magazin kağıdı hamurları Çizelge 3.1'de belirtilen şartlarda hamurlaştırılan her bir deney için yapılan yüzdürme işlemlerinden sonra test kağıtları üretilmiş ve optimum sonuçların elde edildiği deney koşullarında hamurlaştırılan ve

aşağıda Çizelge 3.4'deki koşullarda mürekkebi giderilen kağıt hamurları bir sonraki aşama olan dispersiyon (yoğurma) işlemine tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.4. Mürekkep giderme işleminde uygulanan koşullar

Yüzdürme Konsantrasyonu (%)	0.8-1
Yüzdürme Sıcaklığı (°C)	45
Yüzdürme Süresi (dakika)	30
Karıştırma hızı (dev/dakika)	1450
Suyun sertliği (ppm)	160
Hava girişi (litre/dakika)	2.5

Mürekkep giderme sırasında yüzdürme hücrelerine ilave edilen oleik asit (%0.8) hamur süspansiyonu içinde bulunan mürekkep parçacıklarının hava baloncuklarına tutunarak oluşan köpükle yüzeye taşınmasını sağlamış ve mürekkep parçacıkları raspa yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmıştır.

Bu aşamada etkili bir yüzdürme işlemi sürecinde, mürekkebin liflerden ayrılması, mürekkep parçacıklarının hava kabarcığına tutunma yeteneğinin iyileştirilmesi, hava kabarcığı-mürekkep parçacıkları kompleksinin oluşumu, kompleksin süspansiyon yüzeyine hareketi ve mürekkep ve hamurun tekrar karışmasının önlenmesi gibi faaliyetler kontrollü ve yeterli düzeyde gerçekleştirilmiştir.

Mürekkep giderme işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm²) gramajında deneme kağıtları üretilmiş, optik özelliklerine ve leke analizine bakılmıştır.

3.2.4. Dispersiyon işlemi

Dispersiyon; mürekkep giderme işleminden sonra elde edilen kağıt hamurları içerisinde kalan mürekkep parçacıklarının ve yapışkan maddelerin (sticky) liflerden sökülerek uzaklaştırılması ya da bu kirliliklerin gözle görülmeyecek kadar küçültülmesi işlemidir. Bu işlem sürecinde NaOH (%0.5), Na₂SiO₃ (%1.5), H₂O₂ (%1.0) oranlarında kullanılmıştır. Sıcaklık 20 dakika boyunca 85°C'de ve ortamın konsantrasyonu %25 olarak ayarlanmıştır. Şekil 3.5'te Hobart tipi yoğurma cihazı, dispersiyon işleminin nasıl yapıldığı ve dispers olmuş hamurlar gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Hobart tipi yoğurma cihazı, dispersiyon işlemi ve dispers olmuş hamurlar

Dispersiyon işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm^2) gramajında deneme kağıtları üretilmiş, optik özelliklerine ve leke analizine bakılmıştır.

3.2.5. Ağartma işlemi

Ağartma; kağıt hamurunun rengini koyulaştıran kir, mürekkep, boya vb. maddelerin redükleyici ve oksitleyici kimyasal maddeler kullanarak renklerinin açılması veya uzaklaştırılması ile hamurun beyazlatılması-ağartılması işlemidir. Dispersiyon işleminden sonra için Çizelge 3.5'te verilen koşullar altında ağartma işlemleri yapılmıştır. Şekil 3.6'da ise kağıt hamurlarına uygulanan ağartma işlemi görülmektedir.



Şekil 3.6. Ağartma işlemi

Ağartma işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm^2) gramajında deneme kağıtları üretilmiş, optik özelliklerine ve leke analizine bakılmıştır.

Çizelge 3.5 Mürekkebi giderilmiş kağıt hamurlarına uygulanan ağartılma koşulları

Deney No	H ₂ O ₂ Oranı (%)	FAS Oranı (%)	Ditiyonit Oranı (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Konsantrasyon (%)
1	3	-	-	80	60	12
2	5	-	-	80	60	12
3	7	-	-	80	60	12
4	-	0.4	-	80	60	5
5	-	0.6	-	80	60	5
6	-	0.8	-	80	60	5
7	-	-	1	80	60	5
8	-	-	3	80	60	5
9	-	-	5	80	60	5

*H₂O₂ ağartmalarında %0.5 MgSO₄, %0.5 EDTA, %2 Na₂SiO₃, %(H₂O₂/0.75) NaOH kullanılmıştır.

*FAS ağartmalarında %(FAS/2) NaOH kullanılmıştır.

*Ditiyonit ağartmalarında %0.5 EDTA kullanılmıştır.

3.2.6. Atık ofis ve magazin kağıtlarından beyaz testliner kağıt üretimi

Bu çalışmanın birinci aşamasında, atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırma, eleme ve temizleme, depolama, mürekkep giderme, yoğurma ve ağartma işlemleri sonrası optimum optik özelliklerde elde edilen kağıt hamurlardan 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları üretilmiştir. Daha sonra atık oluklu mukavva kağıtlardan, hamurlaştırma, eleme ve temizleme işlemleri sonrası elde edilen hamurlardan 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üretilmiştir. Üretilen 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları, 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üzerine örtülerek (birleştirilerek) çift katlı 110, 115, 120 ve 120, 125, 130 gramajlarında beyaz testliner kağıtları üretilmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Atık ofis ve magazin kağıtlarından beyaz testliner kağıt üretimi

Deney No	Taban kağıdı (g/m ²)	Yüzey kağıdı (g/m ²)	Beyaz testliner (g/m ²)
1	70	40	110
2	70	45	115
3	70	50	120
4	80	40	120
5	80	45	125
6	80	50	130

3.2.7. Kuşe harcı ile beyaz testliner kağıt üretimi

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, ağartılmış beyaz hamur yerine, çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC)+Nişasta+karboksi metil selüloz (CMC) ile aşağıda Çizelge 3.7'de belirtilen oranlarda beyaz kuşe harcı hazırlanmıştır. Kuşe harcında kullanılan

PCC işlem öncesi %50.0 konsantrasyonda (%50 PCC + % 50 su) hazırlanmış ve daha sonra aşağıdaki oranlarda nişasta ve CMC ilave edilerek kuşe harcı hazırlanmıştır.

Çizelge 3.7. Kuşe harcının özellikleri

PCC (%)	Nişasta (%)	CMC (%)
86.7	13	0.3
Kuşe harcı kuru maddesi		% 38

Daha sonra, birinci aşamadaki aynı yöntemle üretilen 100 ve 110 gramajlarındaki kahverengi taban kağıtlarının üst yüzeyleri, 10, 15, 20 g/m² örtücü beyaz kuşe harçları ile size preste kuşeleme işlemi yapılarak 110, 115, 120 ve 120, 125, 130 gramajlarında aşağıda Çizelge 3.8’de görüldüğü gibi beyaz testliner kağıtları üretilmiştir.

Çizelge 3.8. Kuşe harcı ile beyaz testliner kağıt üretimi

Deney No	Taban kağıdı (g/m ²)	Kuşe harcı (g/m ²)	Beyaz testliner (g/m ²)
7	100	10	110
8	100	15	115
9	100	20	120
10	110	10	120
11	110	15	125
12	110	20	130

Her iki aşamada da elde edilen beyaz testliner kağıtların tüm fiziksel ve optik ve özellikleri standartlara bağlı kalınarak ayrı ayrı tespit edilmiştir.

3.2.8. Leke analizi ve ölçümü

Atık kağıt hamurunun hamurlaştırma, depolama, mürekkep giderme, dispersiyon ve ağartma işlemi sonrası elde edilen hamurlardan üretilen kağıtların ve beyaz testliner ve kuşeli kağıtların leke analizi ölçümü EPSON marka Perfection V850 Pro model cihaz ile yapılmış olup cihazın teknik özellikleri aşağıda Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Leke analizi EPSON cihazında taranan görüntüyü analiz eden Verity IA Light and Dark Dirt v2.1 programı kullanılmıştır. Programda en küçük alan 0.02 mm² olarak belirlenmiş ve kirlilik miktarı (ppm), kirlilik sayısı (adet) ve kapladığı alan (mm² /m²) değerleri tespit edilmiştir. Tarama işlemi 1200 dpi’de, 0-190 parlaklık (luminance) arasında ve -30 eşik arka plan (threshold) modunda yapılmıştır (Çiçekler, 2019).

Çizelge 3.9. Beyaz testliner kağıtlara uygulanan fiziksel ve optik özellik testler

Yapılan Testler	Test Standartları
Gramaj (g/m^2)	TAPPI T 410 om-88
Kalınlık (μ)	TAPPI T 411 om-89
Kopma Uzunluğu (km)	TAPPI T 494 om-01
Patlama İndisi ($kPa m^2 /g$)	TAPPI T 403 om-91
Porozite (sn)	ISO 5636-5:2013
SCT (Kısa Aralıklı Ezilme Testi-Short Span Compression) ($kN.m^{-1}$)	TAPPI T 826
RCT (Halkasal Ezilme Testi- Ring Crush Test) ($kN.m^{-1}$)	TAPPI T 818
Beyazlık (%ISO)	ISO 2469:2014
Parlaklık (%ISO)	ISO 2470-1:2016
Sarılık (E313)	ASTM E313
CIE Beyazlık	ISO/DIS 11475:2017
L*	ISO/CD 5631-1:2015
a*	
b*	
Opaklık (%ISO)	ISO/DIS 2471:2008
Efektif Kalıntı Mürekkep Konsantrasyonu (ERIC)(ppm)	ISO 22754:2008
Leke Analizi ve Ölçümü	TAPPI/ANSI T437 om-12

Çizelge 3.10. Leke analiz cihazının özellikleri

Maksimum okuma alanı	21.6 cm x 29.7cm
Optik tarama çözünürlüğü	1600x6400 dpi
Renk derinliği	48 Bit
Gri tonlama derinliği	16 Bit
Optik yoğunluk	DMAX 4.0
Tarama metodu	Ayna okuma hareketi
Tarama tipi	Fladbed renkli görüntü tarayıcı

3.2.9. İstatistiksel analizler

Mürekkebi giderilmiş atık ofis ve magazin kağıt hamurlarına 3 farklı H_2O_2 , FAS ve ditiyonit ağartması uygulanmıştır. En iyi optik özelliklere sahip hamurlardan 40, 45 ve 50 (g/cm^2) gramajında beyaz örtücü kağıtlar üretilerek 70 ve 80 (g/cm^2) gramajındaki kahverengi kağıtlarla birleştirilmiştir. Ayrıca 100 ve 110 (g/cm^2) gramajında kahverengi kağıtlar üretilerek üzerine %10, 15 ve 20 oranında kuşe harcı uygulanmıştır. Her iki kağıt üretiminde fiziksel ve optik özellikleri belirlenmiş ve kıyaslanmıştır. Ağartma işlemlerinin üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi SPSS istatistik analiz programı ile uygulanmış ve optimal özelliklere sahip beyaz testliner kağıdı belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Hamurlaştırma İşlemine Ait Bulgular

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi sıcaklık 45 °C, süre 22 dakika, NaOH (%0.6), Na₂SiO₃ (%1.8), Oleik Asit (%0.8) ve H₂O₂ (%0.7) oranları 3, 4 ve 5 nolu kağıt hamurlarında sabit tutulmuş ve talk oranı %15, 20 ve 25 olarak değiştirilmiştir. %15, 20 ve 25 talk oranında hamur verimi sırasıyla %74.09, 67.07 ve 72.46 olarak bulunmuştur. H₂O₂ yerine FAS kimyasalı aynı hamurlaştırma koşullarında 10, 11 ve 12 nolu kağıt hamurlarında talk oranı %15, 20 ve 25 olarak değiştirilmiş olup hamur verimi sırasıyla %81.02, 67.85 ve 69.49 olarak artış göstermiştir. Talk’ın atık kağıt üretiminde sağlamış olduğu elyaf kazancından dolayı verim üzerinde etkisi tespit edilmiştir (Tetik, 2021).

H₂O₂ ve FAS kimyasalları aynı oranlarda (Çizelge 4.1) kullanıldığında ve her iki hamurlaştırma (3 ve 10 nolu) işleminde Talk kimyasalının %15 oranında dahil edildiği sonuçlar incelendiğinde verim H₂O₂ ‘de %74.09 iken FAS kimyasalında verim %81.02 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada aynı koşullarda uygulanan hidrojen peroksit kimyasalının FAS’a göre verimi azalttığı bulunmuştur. H₂O₂ kimyasalının hamurlaştırma işleminde kullanılması, mürekkep, kalıntı ve dolgu maddesi gibi safsızlıkların çok olması sebebiyle peroksitin etkisini düşürdüğü belirtilmiştir. Hidrojen peroksit kullanımlarında yüksek verim ve parlaklık değerine sahip olan kağıt hamurlarının üretilmesi için son ağartma kademelerinde kullanılması gerektiğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Feguson, 1992).

Yapılan farklı bir çalışmada pulper içerisinde baskılı fotokopi kağıtlarında FAS ağartma uygulaması yapılmış olup sıcaklık 40°C’de ve süre 10-12 dakika olan işlem sonunda elde edilen kağıt hamurunun verimi % 81.50 olarak benzer bulunmuştur. Sonuç olarak; elde edilecek kağıt hamuru verimi birinci derecede atık kağıt içerisinde bulunan anorganik yükler ve flotasyon süresinin etkilediği tespit edilmiştir (İmamoğlu, 2002).

11 ve 14 nolu hamurlaştırma işlemi incelendiğinde; FAS sabit tutulup %20 oranında PCC ve Talk ayrı ayrı kullanılmıştır. Burada PCC’nin yüzey alanı ve partikül boyutundan dolayı düşük tutunma özelliği sergilediği için Talk kimyasalına göre verimin düşmesine neden olduğu bilinmektedir (Gill, 1995; Eroğlu ve Usta, 2004; Karademir ve ark, 2005).

4.2. Hamurlaştırma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları

Çizelge 3.1’de verilen koşullara uygun olarak elde edilen kağıt hamurlarının verim değerleri aşağıda Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırma işlemi sonrası verimleri

Deney No	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SiO ₃ Oranı (%)	Oleik Asit Oranı (%)	H ₂ O ₂ Oranı (%)	FAS Oranı (%)	Talk Oranı (%)	PCC Oranı (%)	Verim (%)
1	-	-	-	-	-	-	-	71.39
2	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	-	72.12
3	0.6	1.8	0.8	0.7	-	15	-	74.09
4	0.6	1.8	0.8	0.7	-	20	-	67.07
5	0.6	1.8	0.8	0.7	-	25	-	72.46
6	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	15	72.36
7	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	20	69.64
8	0.6	1.8	0.8	0.7	-	-	25	69.31
9	0.6	1.8	0.8	-	0.7	-	-	75.90
10	0.6	1.8	0.8	-	0.7	15	-	81.02
11	0.6	1.8	0.8	-	0.7	20	-	67.85
12	0.6	1.8	0.8	-	0.7	25	-	69.49
13	0.6	1.8	0.8	-	0.7	-	15	71.93
14	0.6	1.8	0.8	-	0.7	-	20	76.88
15	0.6	1.8	0.8	-	0.7	-	25	78.88

Çizelge 4.1’deki veriler incelendiğinde verim değeri en yüksek 10 nolu kağıt hamurunda (%81.02) çıkarken, en düşük verim değerine sahip kağıt hamuru ise 4 nolu kağıt hamurunda (%67.07) tespit edilmiştir. Bu iki kağıt hamuru arasındaki fark incelendiğinde her ikisinde de Talk (%20) olarak sabit kullanılırken; 10 nolu kağıt hamurunda FAS (%0.7) ve 4 nolu kağıt hamurunda H₂O₂ (%0.7) kimyasalları kullanılmıştır. FAS kimyasalının H₂O₂ kimyasalı yerine tercih edilmesinin verim artışında etkili olduğu görülmüştür. Laloğlu (2017) çalışmasında en etkili mürekkep uzaklaştırmayı ve en az verim kaybını FAS uygulamasında elde etmiştir.

FAS kimyasalı güçlü bir yapıda indirgen olup yapılan bütün çalışmalarda ağartıcı olarak üstünlüğünü ortaya koymuştur. Peşman vd. (2011) çalışmalarında diğer indirgen ağartıcı yapıda etkili olan hidrojen peroksidin gazete kağıtlarında geri dönüşümü esnasında ağartıcı olarak kullanmışlar ve en etkili parlaklık değerlerini FAS

kullanımlarında elde etmişlerdir. Bunun sebebi FAS kimyasalının atık geri dönüşüm kağıtları içerisinde bulunan boyar maddelerde indirgenebilir maddeler ile reaksiyon oluşturarak soydum hidroksit ve üre açığa çıkarmasıdır (İmamoğlu, 2002).

Çizelge 3.1’de verilen koşullara uygun olarak elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/cm^2) gramajında üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları aşağıda Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’te verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen kağıt hamurlarının beyazlık, sarılık, opaklık ve ERIC değeri gibi optik özellikleri araştırılmıştır.

Çizelge 4.2. Hamurlaştırma işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m^2) gramajında üretilen kağıtların optik özellikleri

Deney No	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarılık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
1	69.00	78.42	-16.41	110.38	86.50	2.70	-8.50	82.53	274
2	72.29	83.87	-19.24	120.38	88.11	3.24	-10.06	83.77	256
3	71.48	83.27	-19.98	120.90	87.72	3.08	-10.30	85.25	290
4	70.56	81.44	-18.53	116.76	87.27	2.95	-9.58	85.00	292
5	71.16	81.86	-18.14	116.42	87.56	2.88	-9.41	85.18	297
6	72.15	83.03	-18.19	117.63	88.04	2.96	-9.50	86.45	292
7	71.22	83.30	-20.41	121.87	87.59	3.31	-10.55	85.28	273
8	71.32	80.95	-16.15	112.18	87.64	2.74	-8.49	85.64	286
9	70.10	80.80	-18.54	115.77	87.04	2.62	-9.45	86.38	304
10	71.19	81.67	-17.69	115.50	87.58	2.87	-9.21	85.53	283
11	71.57	82.70	-18.76	118.15	87.76	2.91	-9.70	84.63	273
12	72.54	85.53	-20.49	122.97	88.08	3.28	-10.61	85.62	282
13	71.32	82.06	-18.15	116.59	87.64	2.84	-9.42	86.69	305
14	71.03	82.54	-19.68	119.54	87.50	2.92	-10.08	86.24	306
15	71.84	82.60	-18.11	116.97	87.89	2.86	-9.41	88.49	325

Çizelge 4.1’de 1 ve 2 nolu hamurlaştırma işleminde yer alan kimyasalların oranları sabit tutularak, H_2O_2 kimyasalının eklendiği 2 nolu işlem ile elde edilen kağıt numunelerinde; beyazlık ve parlaklık değerlerinde hidrojen peroksitin etkisi gözlemlenmiştir. Talk oranının değiştiği 3, 4 ve 5 nolu kağıt hamurlarında ise beyazlık değerleri (%ISO) ise 71.48, 70.56 ve 71.16 olarak tespit edilmiş ve parlaklık değerleri (%ISO) de 83.27, 81.44 ve 86 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada görüldüğü üzere hamurlaştırma işleminde talk kimyasalının hidrojen peroksit ile kullanımı etkisini düşürmektedir. Bununla birlikte talk yerine PCC’nin farklı oranlarda kullanıldığı 6, 7 ve

8 nolu kağıt hamurlarında optik özellikleri bakımından çok farklı değışkene rastlanılmamıştır.

H₂O₂ kimyasalının yerine FAS kimyasalının (%0.7) oranda sabit olarak kullanıldığı hamurlaştırma koşullarında ise 5 ve 12 nolu kağıt hamurlarında talk oranı %25 şeklinde uygulanmıştır ve parlaklık (ISO) değerini yüksek oranda arttırmıştır. Mekanik ve atık kağıt hamurlarının çoklu kademelerde ağartılmasında FAS kimyasallarının diğer kimyasallarla kullanılabileceği belirtilmiştir (Süss ve Krüger, 1983). Talk kimyasalı hidrojen peroksit ile uygulamasında optik özellikleri üzerine düşürücü etki gösterirken FAS kimyasalı ile optik özellikler bakımından iyileştirici özellik göstermiştir. Fakat aynı koşullar altında talk yerine farklı oranlarda PCC kullanımlarında optik özellikler üzerinde etkisi görülmemiştir.

Tablo (Çizelge 4.2) incelendiğinde FAS oranlarının artırılması beyazlık (%ISO) ve parlaklık (%ISO) değerlerinde kısmen yükselttiğini göstermiştir. Bu çalışma ile ERIC sonuçlarının da bu doğrultuda değıştiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmada farklı özellikler göstermiş olup ERIC değeri bakımından FAS'ın daha etkili olduğu görülmektedir. Fas kimyasalının boya ve bileşenleri etkisiz hale getirmede daha etkili olmasından dolayı hamurlaştırma işlemi sonrası elde edilen kağıtların optik özellikleri daha belirgin artış göstermektedir (Bostancı, 1987).

Hamurlaştırma işlemi sonrası elde edilen kağıtların optik özellikleri incelendiğinde en iyi sonuç 2 ve 12 nolu hamurlardan elde edilmiştir. İki sonuç arasında elde edilen değerler birbirine yakın olup verim ve ekonomiklik göz önünde bulunduğunda 10 nolu hamur ile çalışmaların devam edilmesi uygun bulunmuştur.

Atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırma işlemleri sonucu elde edilmiş verilere göre en uygun hamurlaştırma koşulu FAS kimyasal uygulaması belirlenmiş ve optimum değerin gözlemlendiği kağıt hamurundan üretilen kağıt numunesine ait leke analiz sonuçları aşağıda Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Hamurlaştırma işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m^2) gramajında üretilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri

Hamurlaştırma	ERIC (ppm): 264		
Boyut (mm^2)	Adet	Alan (mm^2/m^2)	ppm
0.02-0.03	91733	2255	112773
0.03-0.04	54667	1891	94613
0.04-0.05	23867	1061	53067
0.05-0.06	19600	1065	53293
0.06-0.07	12933	844	42153
0.07-0.08	5867	439	21987
0.08-0.09	6000	507	25333
0.09-0.10	4133	393	19657
0.10-0.15	16000	1909	95493
0.15-0.20	5467	917	45893
0.20-0.25	3333	751	37540
0.25-0.30	1733	476	23780
0.30-0.40	1867	647	32300
0.40-0.60	1733	853	42660
0.60-0.80	800	515	25769
0.80-1	400	334	16758
1-1.5	0	0	0
Roundish 12.56-50	249333	14433	721827
Oblong 50-150	667	313	15679

4.3. Depolama, Mürekkep Giderme ve Dispersiyon İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları

Değerlerin optimum gözlemlendiği kağıt hamuruna uygulanan depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemi sonrası elde edilen hamurlardan 45 ± 5 (g/m^2) gramajında üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları aşağıda Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemi sonrası hamurların optik özellikleri

İşlem	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
Depolama	70.41	80.97	-18.16	115.92	87.20	2.99	-9.43	83.42	282
Flotasyon	74.10	85.28	-18.12	119.76	88.97	3.19	-9.62	81.26	209
Dispersiyon	74.28	85.39	-17.92	119.55	89.06	3.20	-9.55	77.92	185

Hamurlaştırma işlemi sonrası depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemleri sonrası elde edilen beyazlık değerleri (%ISO) sırasıyla 70.41, 74.10 ve 74.28 olarak bulunmuştur. Depolama sırasında beyazlık değerinin düşme sebebi hamur içerisindeki kimyasalların reaksiyon göstermesi sonucu mürekkep, kirlilik vb. maddelerin lif üzerinde serbest hale geçmesidir. Parlaklık değerleri (%ISO) sırasıyla 80.97, 85.28 ve 85.39 olarak belirlenmiştir. ERIC değeri (ppm) ise sırasıyla 282, 209 ve 185 olarak tespit edilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarına uygun olarak beyazlık ve ERIC değerlerinde işlem sırasına uygun olarak değişimler gözlemlenmiştir (Çiçekler, 2019). Ayrıca Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te görüleceği üzere depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemleri sonrasında üretilen kağıtların leke analiz sonuçları ile ERIC değerleri uyuma sağlamıştır.

Çizelge 4.5. Depolama, mürekkep giderme ve dispersiyon işlemi sonrası 45 ± 5 (g/m²) gramajında üretilen kağıtların leke analizi

Boyut (mm ²)	Depolama			Mürekkep giderme			Dispersiyon		
	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm
0.02-0.03	651	16.06	802.93	73	1.79	89.53	42	1.05	52.49
0.03-0.04	381	13.10	655.30	41	1.42	70.83	17	0.57	28.71
0.04-0.05	147	6.54	327.03	13	0.56	27.99	12	0.52	25.99
0.05-0.06	98	5.30	265.07	11	0.61	30.35	7	0.38	18.85
0.06-0.07	51	3.31	165.37	7	0.46	22.82	4	0.23	11.83
0.07-0.08	25	1.84	92.04	3	0.23	11.35	1	0.07	3.59
0.08-0.09	17	1.44	72.24	5	0.42	21.21	2	0.14	6.93
0.09-0.10	11	1.07	53.62	1	0.10	4.66	2	0.46	7.92
0.10-0.15	26	3.20	159.77	10	0.90	61.72	3	0.34	16.58
0.15-0.20	9	1.49	74.62	3	0.47	23.39	1	0.17	8.38
0.20-0.25	3	0.73	36.69	1	0.29	14.28	0	0	0
0.25-0.30	3	0.82	40.87	1	0.28	13.89	0	0	0
0.30-0.40	1	0.31	15.20	1	0.47	23.51	0	0	0
0.40-0.60	1	0.44	22.14	1	0.43	21.69	0	0	0
0.60-0.80	0	0	0	1	0.60	30.02	0	0	0
1-1.5	1	0.02	150.90	0	0	0	0	0	0
Roundish 12.56-50	1420	54.75	2738.23	170	8.65	432.37	88	3.40	170.20
Oblong 50-150	2	0.22	10.89	2	1.32	65.81	1	0.16	8.16

Bu sonuçlar, her bir işlem kademesi sonrasında hamur karışımı içerisinde büyük ve küçük boyutlu kirliliklerin ve mürekkep partiküllerinin azaldığını ve elde edilen kağıt ve kartonların optik özelliklerinin iyileştiğini göstermektedir (Tutuş ve ark., 2015).

Depolama işlemi uygulanan kağıtların toplam kapladığı leke alanı $54.75 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ iken mürekkep giderme sonrası üretilen kağıtlarda lekelerin kapladığı alan $8.45 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.5'e göre dispersiyon işleminde ise depolama uygulaması yapılan kağıtlarla karşılaştırıldığında toplam lekelerin kapladığı alan % 59.7 oranında azalma göstermiştir.

4.4. Ağartma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtların Optik Özellikleri ve Leke Analizi Sonuçları

Çizelge 3.4'te verilen koşullara uygun olarak gerçekleştirilen ağartma sonuçları alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4.4.1. H₂O₂ Ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları

%3'lük H₂O₂ ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 179, beyazlık değeri (%ISO) 74.42 ve opaklık değeri (%ISO) ise 76.72 olarak belirlenmiştir. %5'lik H₂O₂ ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 177, beyazlık değeri (%ISO) 74.63 ve opaklık değeri (%ISO) ise 76.90 olarak bulunmuştur. %7'lik H₂O₂ ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 174, beyazlık değeri (%ISO) 74.06 ve opaklık değeri (%ISO) ise 74.99 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve Bilgiç Kara, 2022).

Çizelge 4.6. H₂O₂ ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler

Ağartma İşlemi	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
Kontrol	71.19	81.67	-17.69	115.50	87.58	2.87	-9.21	85.53	283
%3 H ₂ O ₂	74.42	82.94	-13.54	109.87	89.12	2.85	-7.47	76.72	179
%5 H ₂ O ₂	74.63	83.01	-13.23	109.41	89.22	2.85	-7.33	76.90	177
%7 H ₂ O ₂	74.06	82.54	-13.58	109.45	88.95	2.75	-7.44	74.99	174

Bu aşamada %3-5-7 oranında H₂O₂ kimyasalı ile hamurlara ağartma işlemi uygulanmıştır. H₂O₂ ağartma işlemi sonrasında üretilen deneme kağıtlarında Çizelge 4.6'te elde edilen optik özellikler gösterilmiştir. Yapılan farklı oranlardaki ağartma işlemi sonrası optik özellikler üzerinde belirgin bir parametre elde edilmemiş olup ERIC

değeri (ppm) hidrojen peroksit kimyasal oranlarının artışına bağlı olarak mürekkep giderme etkinliği yükselmiş olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. H₂O₂ ağartma işlemi sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri

Boyut (mm ²)	Kontrol			%3 H ₂ O ₂			%5 H ₂ O ₂			%7 H ₂ O ₂		
	ERIC (ppm): 264			ERIC (ppm): 179			ERIC (ppm): 177			ERIC (ppm): 174		
	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm
0.02-0.03	91733	2255	112773	4133	103	5103	3333	81	6597	5200	132	13053
0.03-0.04	54667	1891	94613	2533	85	4289	2133	75	6072	4533	151	14967
0.04-0.05	23867	1061	53067	1200	53	2676	800	34	3586	1467	65	6456
0.05-0.06	19600	1065	53293	533	28	1423	1600	88	7328	1067	55	5571
0.06-0.07	12933	844	42153	800	52	2595	400	24	2129	800	52	5202
0.07-0.08	5867	439	21987	400	32	1540	800	60	5272	600	44	4374
0.08-0.09	6000	507	25333	400	36	1720	400	32	3300	600	50	5128
0.09-0.10	4133	393	19657	0	0	0	400	36	3732	400	40	3872
0.10-0.15	16000	1909	95493	400	52	2688	800	93	4660	800	86	8678
0.15-0.20	5467	917	45893	400	68	3368	400	76	3836	400	60	6024
0.40-0.60	1733	853	42660	0	0	0	0	0	0	800	40	39880
Roundish 12.56-50	249333	14433	721827	9733	384	19215	9067	404	32496	14267	611	61133
Oblong 50-150	667	313	15679	0	0	0	400	20	2152	400	50	5056

Yukarı Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere %3, %5 ve %7 oranında kullanılan H₂O₂ ağartma işleminde üretilen kağıtlarda lekelerin kapladığı toplam alan sırasıyla 384 mm²/m², 404 mm²/m² ve 611 mm²/m² olarak tespit edilirken belirgin optimum koşul tespit edilememiştir.

4.4.2. FAS ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları

FAS ağartma işlemi uygulanan kağıt hamurlarında Çizelge 4.8’de elde edilen optik özellikler üretilen deneme kağıtlarında görülmüştür. %0.4’lük FAS ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 186, beyazlık değeri (%ISO) 75.16 ve opaklık değeri (%ISO) ise 77.83 olarak belirlenmiştir. %0.6’lık FAS ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 184, beyazlık değeri (%ISO) 75.25 ve opaklık değeri (%ISO) ise 77.62 olarak bulunmuştur. %0.8’lik FAS ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri

(ppm) 182, beyazlık değeri (%ISO) 75.39 ve opaklık değeri (%ISO) ise 77.61 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. FAS ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler

Ağartma İşlemi	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
Kontrol	71.19	81.67	-17.69	115.50	87.58	2.87	-9.21	85.53	283
%0.4 FAS	75.16	84.17	-14.43	112.38	89.47	2.79	-7.87	77.83	186
%0.6 FAS	75.25	84.29	-14.46	112.59	89.51	2.83	-7.86	77.62	184
%0.8 FAS	75.39	85.14	-15.57	115.35	89.57	2.97	-8.46	77.61	182

%0.4, 0.6 ve 0.8 oranlarında kullanılan FAS ağartma işleminde optik özellikler üzerinde kullanılan oranlara bağlı olarak artış tespit edilmiş olup aynı oranda ERIC değerleri üzerinde (ppm) kalıntı mürekkeplerin azaldığı bulunmuştur. Sarılık değeri (E313) de göz önünde bulunduğu en iyi sonuç %0.6 FAS uygulamasında görülmüştür. Atık ofis ve gazete kağıtların ağartılması işleminde, optimum sonucu %0.4 FAS kimyasalı ile elde eden Çiçekler, (2019) atık gazete kağıtlarının optik özelliklerine olumlu yönde etki ettiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.9. FAS ağartma işlemi sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri

Boyut (mm ²)	Kontrol			%0.4 FAS			%0.6 FAS			%0.8 FAS		
	ERIC (ppm): 264			ERIC (ppm): 186			ERIC (ppm): 186			ERIC (ppm): 174		
	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm
0.02-0.03	91733	2255	112773	2827	95	9539	4933	123	12373	4933	125	12504
0.03-0.04	54667	1891	94613	2933	104	10473	3333	119	11811	3467	117	11787
0.04-0.05	23867	1061	53067	1067	48	4759	1600	72	7292	1200	53	5404
0.05-0.06	19600	1065	53293	1200	65	6504	1200	67	6647	1067	57	5787
0.06-0.07	12933	844	42153	533	36	3563	1000	64	6454	533	33	3348
0.07-0.08	5867	439	21987	400	28	2904	400	30	2976	800	58	5916
0.08-0.09	6000	507	25333	533	43	4376	800	67	6719	600	52	5164
0.09-0.10	4133	393	19657	400	36	3696	400	40	3872	400	40	3836
0.10-0.15	16000	1909	95493	1000	112	11118	1200	141	14107	400	40	4160
0.15-0.20	5467	917	45893	400	64	6456	400	64	6384	400	68	6884
Roundish 12.56-50	249333	14433	721827	11467	531	53187	14133	675	67453	12667	524	52453
Oblong 50-150	667	313	15679	0	0	0	400	32	3300	0	0	0

%0.4 FAS ağartma işlemi sonrasında üretilen hamurlarda 45 (g/m²) gramajındaki kağıtların toplam kapladığı leke alanı 531 mm²/m² iken %0.8 FAS ağartma uygulamasında üretilen kağıtlarda lekelerin kapladığı alan 524 mm²/m² olarak azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

4.4.3. Sodyum ditiyonit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ağartma işlemi sonrası üretilen kağıtların optik özellikleri ve leke analizi sonuçları

Bu çalışmada %1-3-5 oranında sodyum ditiyonit hamurlara ağartma işlemi uygulanmıştır. Sodyum ditiyonit ağartma işlemi sonrasında Çizelge 4.10'da elde edilen optik özellikler gösterilmiştir. %1'lik ditiyonit ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 183, beyazlık değeri (%ISO) 75.19 ve opaklık değeri (%ISO) ise 77.10 olarak belirlenmiştir. %3'lük ditiyonit ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 180, beyazlık değeri (%ISO) 75.39 ve opaklık değeri (%ISO) ise 76.84 olarak bulunmuştur. %5'lik ditiyonit ağartması sonrası elde edilen ERIC değeri (ppm) 181, beyazlık değeri (%ISO) 75.36 ve opaklık değeri (%ISO) ise 76.85 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Sodyum ditiyonit ağartma işlemi sonrası elde edilen optik özellikler

Ağartma İşlemi	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
Kontrol	71.19	81.67	-17.69	115.50	87.58	2.87	-9.21	85.53	283
%1 Ditiyonit	75.19	84.90	-15.52	114.98	89.49	2.94	-8.42	77.10	183
%3 Ditiyonit	75.39	85.63	-16.36	117.14	89.58	3.07	-8.84	76.84	180
%5 Ditiyonit	75.36	85.94	-16.88	118.34	89.57	3.14	-9.11	76.85	181

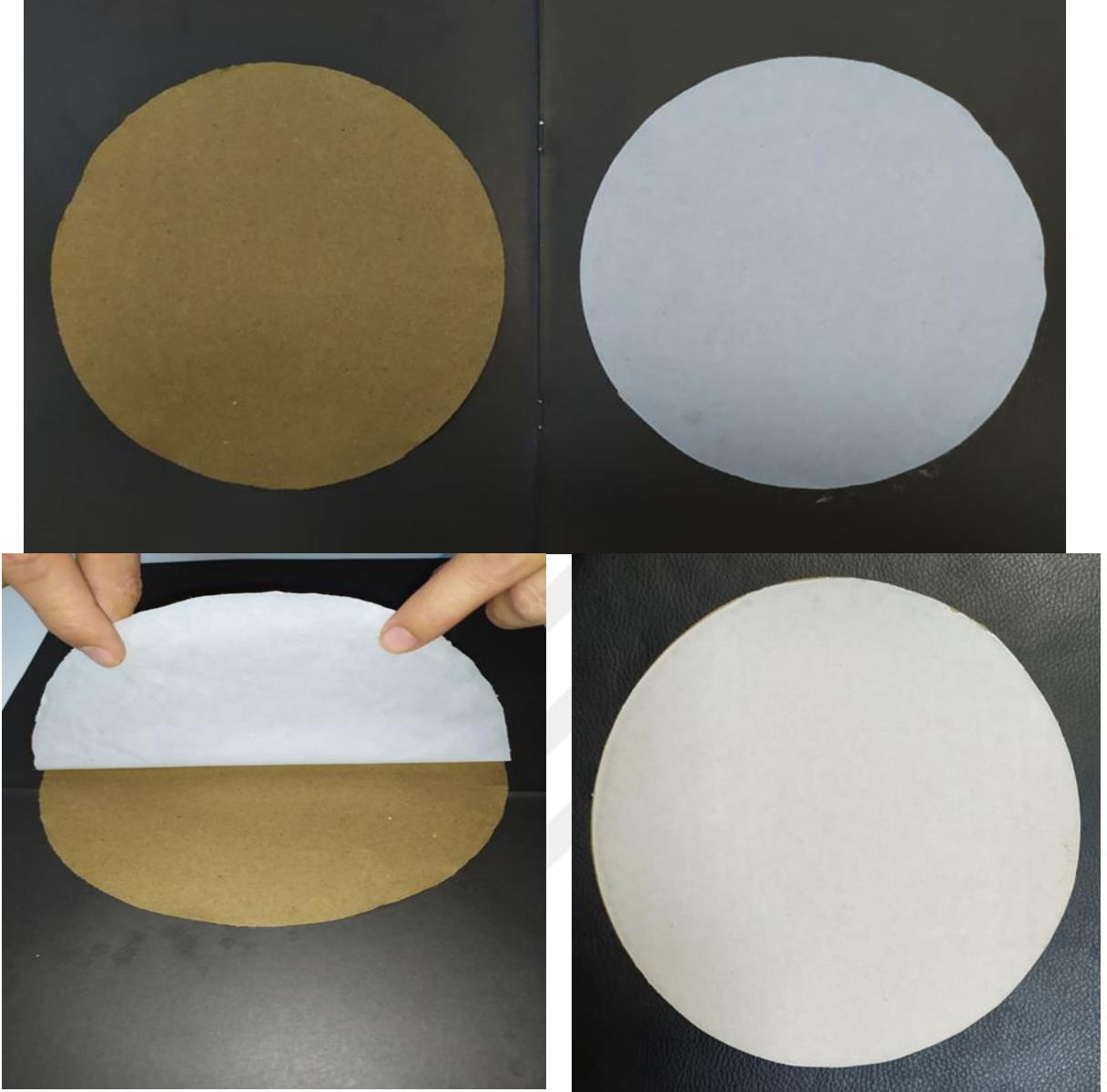
%1, 3 ve 5 Ditiyonit ağartma işlemi sonrasında üretilen hamurlarda $45 \text{ (g/m}^2\text{)}$ gramajındaki kağıtlar üzerinde toplam kapladığı leke alanları sırasıyla $851 \text{ mm}^2/\text{m}^2$, $792 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ ve $660 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ olarak azalma görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda ERIC (ppm) değeri ve optik özellikler de göz önünde bulundurulduğunda en iyi sonuç %3 ditiyonit işlemine tabi tutulan koşulda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Sodyum ditiyonit ağartma sonrası elde edilen kağıtların ERIC değerleri ve leke analizleri

Boyut (mm ²)	Kontrol			%1 Ditiyonit			%3 Ditiyonit			%5 Ditiyonit		
	ERIC (ppm): 264			ERIC (ppm): 183			ERIC (ppm): 180			ERIC (ppm): 181		
	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm
0.02-0.03	91733	2255	112773	7867	197	19725	5200	131	13149	4800	115	11381
0.03-0.04	54667	1891	94613	5867	197	19749	3600	121	12099	4133	143	14251
0.04-0.05	23867	1061	53067	2133	96	9588	1600	72	7197	1867	81	8081
0.05-0.06	19600	1065	53293	1733	93	9301	2133	113	11381	2133	117	11715
0.06-0.07	12933	844	42153	400	28	2724	933	60	6001	1200	76	7460
0.07-0.08	5867	439	21987	1067	81	8032	600	44	4446	1000	74	7388
0.08-0.09	6000	507	25333	1067	91	9013	533	44	4396	800	68	6863
0.09-0.10	4133	393	19657	400	40	3872	800	76	7460	0	0	0
0.10-0.15	16000	1909	95493	800	92	9229	533	68	6839	1000	114	11404
0.20-0.25	3333	751	37540	0	0	0	400	84	8104	0	0	0
0.30-0.40	1867	647	32300	0	0	0	400	124	12552	0	0	0
0.40-0.60	1733	853	42660	0	0	0	400	176	17716	0	0	0
Roundish 12.56-50	249333	14433	721827	20667	851	85093	15600	792	79360	15333	660	65973
Oblong 50-150	667	313	15679	400	52	5236	0	0	0	400	40	40

4.5. Atık kağıtlardan örtücü kağıt ve beyaz testliner kağıt üretimine ait bulgular

Çalışmanın ilk aşamasında, atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırma→ eleme-temizleme→ depolama→ mürekkep giderme→ yoğurma→ ağartma işlemleri sonrası optimum optik özelliklerde elde edilen kağıt hamurlarının serbestlik dereceleri ISO 5267-1 (Anonim, 1999) standardına göre Schopper Riegler aletinde belirlenerek 50±5 SR°'sine kadar Hollander cihazında dövülmüş ve Rapid Köthen RK-21 laboratuvar tipi kağıt makinesinde 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları üretilmiştir. Daha sonra atık oluklu mukavva kağıtlardan, hamurlaştırma→eleme ve temizleme işlemleri sonrası elde edilen hamurlardan 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üretilmiştir. Üretilen 40, 45 ve 50 gramajlarında beyaz örtücü yüzey kağıtları, 70 ve 80 gramajlarında kahverengi taban kağıtları üzerine örtülerek (birleştirilerek) çift katlı 110, 115, 120 ve 120, 125, 130 gramajlarında beyaz testliner kağıtları üretilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Örtücü kağıt ve beyaz testliner kağıt üretimi

4.6. Ağartma İşlemi Sonrası Üretilen Kağıtlara Uygulanan İstatistiksel Analizler

Ağartma sonuçlarının birbirine yakın değerlerde olması sebebiyle Varyans analizi ve Duncan testleri yapılmış ve yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre FAS ve Ditiyonit oranının optik özelliklerde anlamlı bir etkisinin olduğu Çizelge 4.12’de görülmektedir.

%50 atık ofis kağıdı ve %50 atık magazin kağıdı karışımlarına uygulan üç farklı ağartma yöntemi sonrası elde edilen kağıtlara uygulanan istatistik analizler sonuçlarına göre ekonomiklikte göz önüne alındığında %0.4 FAS ağartma işleminin yüksek ve optimum özelliklere sahip kağıtlar olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.12. Üç kademeli ağartma sonrası üretilen kağıtlara uygulanan istatistiksel analizlere ait bulgular

Optik Özellikler	Ağartma Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maximum	Sig.
Beyazlık (%ISO)	%3 H ₂ O ₂	74.42 ^{cd}	0.55	73.79	74.82	.000
	%5 H ₂ O ₂	74.63 ^{bcd}	0.36	74.21	74.86	
	%7 H ₂ O ₂	74.06 ^d	0.30	73.85	74.4	
	%0.4 FAS	75.53 ^a	0.44	75.22	76.03	
	%0.6 FAS	75.24 ^{ab}	0.05	75.19	75.29	
	%0.8 FAS	74.93 ^{abc}	0.26	74.65	75.17	
	%1 Ditiyonit	75.30 ^a	0.35	74.9	75.52	
	%3 Ditiyonit	75.19 ^{ab}	0.35	74.79	75.44	
	%5 Ditiyonit	75.31 ^a	0.09	75.21	75.39	
Parlaklık (%ISO)	%3 H ₂ O ₂	82.94 ^c	1.12	81.66	83.72	.000
	%5 H ₂ O ₂	83.01 ^c	0.64	82.29	83.54	
	%7 H ₂ O ₂	82.54 ^{cd}	0.65	82.1	83.28	
	%0.4 FAS	84.79 ^{ab}	0.72	84.25	85.61	
	%0.6 FAS	84.36 ^b	0.09	84.27	84.44	
	%0.8 FAS	84.32 ^b	0.42	83.88	84.72	
	%1 Ditiyonit	85.09 ^{ab}	0.51	84.51	85.46	
	%3 Ditiyonit	85.31 ^{ab}	0.56	84.67	85.73	
	%5 Ditiyonit	85.86 ^a	0.17	85.69	86.02	
Sarılık (E313)	%3 H ₂ O ₂	-13.54 ^f	0.90	-14.14	-12.5	.000
	%5 H ₂ O ₂	-13.23 ^f	0.55	-13.85	-12.8	
	%7 H ₂ O ₂	-13.58 ^f	0.52	-14.18	-13.21	
	%0.4 FAS	-14.76 ^e	0.39	-15.19	-14.45	
	%0.6 FAS	-14.57 ^{de}	0.05	-14.6	-14.52	
	%0.8 FAS	-15.06 ^{de}	0.20	-15.27	-14.88	
	%1 Ditiyonit	-15.62 ^{cd}	0.22	-15.83	-15.4	
	%3 Ditiyonit	-16.20 ^{bc}	0.28	-16.43	-15.88	
	%5 Ditiyonit	-16.83 ^b	0.11	-16.95	-16.74	
CIE Beyazlık (%)	%3 H ₂ O ₂	109.87 ^e	2.42	107.09	111.55	.000
	%5 H ₂ O ₂	109.41 ^e	1.38	108.06	110.82	
	%7 H ₂ O ₂	109.45 ^e	1.48	108.46	111.15	
	%0.4 FAS	113.47 ^{cd}	1.29	112.47	114.93	
	%0.6 FAS	112.81 ^d	0.13	112.66	112.91	
	%0.8 FAS	113.68 ^{cd}	0.73	112.97	114.42	
	%1 Ditiyonit	115.33 ^{bc}	0.82	114.43	116.04	
	%3 Ditiyonit	116.59 ^{ab}	0.97	115.5	117.36	
	%5 Ditiyonit	118.19 ^a	0.32	117.89	118.53	
ERIC (ppm)	%3 H ₂ O ₂	178.67 ^{abc}	0.58	178.00	179.00	.000
	%5 H ₂ O ₂	177.33 ^{abc}	10.01	167.00	187.00	
	%7 H ₂ O ₂	174.00 ^a	3.00	171.00	177.00	
	%0.4 FAS	186.33 ^c	4.93	183.00	192.00	
	%0.6 FAS	186.33 ^c	2.08	184.00	188.00	
	%0.8 FAS	176.33 ^{ab}	8.08	167.00	181.00	
	%1 Ditiyonit	183.33 ^{bc}	2.08	181.00	185.00	
	%3 Ditiyonit	178.00 ^{abc}	3.61	174.00	181.00	
	%5 Ditiyonit	180.33 ^{abc}	1.16	179.00	181.00	

İndirgen (redükleyici) tüm ağartma kimyasallarında görüldüğü gibi atmosferik oksijen ile oksitlenir. Fakat, ditiyonit ile etkili bir indirgen olan FAS kimyasalı karşılaştırıldığında atık kağıt hamurundaki boya renklerinin kırılmasında FAS diğer

kimyasallara göre oldukça etkilidir ve daha dayanıklıdır. Fabrikalarda bulunan pulper, yoğurma (dispersiyon) ünitesi, ağartma sistemlerinde rahat kullanılabilir (Kronis, 1997). Ayrıca ağartma prosesinde ayrı bir kademe olarak kullanılabilmesi gibi diğer ağartıcı kimyasallar ile birlikte de uygulanabilir. FAS kimyasalı ile ditiyonit ağartmasında bir diğer karşılaştırılmasında da daha az kükürt içeriğine sahip olmasıdır (Çiçekler, 2019). FAS alkali ortamlarda çözünmesi yüksek ve suda kolay çözünebilir, ancak sulu çözeltisi çabuk bozulmaktadır. Bu yüzden, FAS alkali çözeltisi ağartma sürecinin hemen öncesinde hazırlanarak sisteme verilip etkisinin kaybedilmesi önlenmelidir (Bajpai, 2010; İmamoğlu, 2002).

Bu çalışma kapsamında Hidrojen peroksit, FAS ve Ditiyonit kimyasalları ile yapılan ağartma işlemi sonrası elde edilen hamurlardan üretilen kağıtların optik özellikleri incelendiğinde FAS ve Ditiyonit ağartma sonuçlarının birbirine yakın ve yüksek olduğu tespit edilmiş ve ekonomiklik ve çevre faktörlerinin de etkisi göz önünde bulundurularak bundan sonraki çalışmalarda %0.4 FAS ağartma işlemiyle elde edilmiş hamurlarla devam edilmesine karar verilmiştir. FAS hem atık kağıtlar hem de mekanik hamurların ağartılmasında etkili bir beyazlatma ajanı olduğu birçok araştırmacı tarafından da belirlenmiştir. (Gehr, 1997; Forsberg ve Genco, 1994; Peşman, 2010; Peşman ve ark., 2011).

4.7. Beyaz Testliner Kağıtların Fiziksel ve Optik Özellikleri ve Leke Analizlerine Ait Bulgular

70, 80 (g/m²) gramajında kahverengi taban kağıdı ile %0.4 FAS ağartma işlemiyle elde edilmiş hamurlardan 40, 45 ve 50 (g/m²) gramajında üretilen beyaz yüzey örtücü kağıtları ile birleştirilerek üretilen beyaz testliner kağıtların fiziksel ve optik özellikleri ve leke analizi sonuçları Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'te ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.13. Beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri

	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (μ)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² .g ⁻¹)	Porozite (sn)	SCT (kN.m ⁻¹)	RCT (kN.m ⁻¹)
70T+40Y	110	160.00	5525	3.40	225	3.32	1.36
70T+45Y	115	170.00	4980	3.80	323	3.89	1.48
70T+50Y	120	179.50	5785	3.95	348	3.90	1.68
80T+40Y	120	168.50	5540	3.80	243	3.92	1.78
80T+45Y	125	189.50	5670	4.15	338	4.13	1.62
80T+50Y	130	178.00	4690	4.55	387	4.31	1.42

T: Taban kağıdı, Y: Yüzey örtücü kağıt

Taban kağıdı ile birleştirilen yüzey örtücü beyaz testliner kağıtlarda 70T+50Y numunesinde kopma uzunluğu 5785 m ve patlama indisi 3.95 kPa.m².g⁻¹ olarak bulunurken 80T+40Y numunesinde kopma uzunluğu 5540 m ve patlama indisi 3.80 kPa.m².g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada ağartma işlemi uygulanan kağıtlar üzerinde fiziksel mukavemeti azaltmadığı kanısına varılmıştır.

Çizelge 4.14. Beyaz testliner kağıtların optik özellikleri

	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)	ERIC (ppm)
Taban Kağıdı	30.17	20.82	45.94	-72.04	61.80	5.70	16.18	99.93	724
70T+40Y	59.98	65.15	-9.16	87.98	81.82	3.69	-5.48	99.45	398
70T+45Y	62.27	68.54	-11.02	94.39	83.05	3.80	-6.38	99.62	355
70T+50Y	63.36	70.64	-13.00	99.56	83.63	3.74	-7.23	99.96	390
80T+40Y	59.98	65.25	-9.47	88.53	81.83	3.63	-5.59	99.96	467
80T+45Y	62.24	68.36	-10.97	93.88	82.93	3.75	-6.39	99.98	476
80T+50Y	63.78	70.70	-12.10	98.24	84.02	3.67	-6.84	99.98	406

Çizelge 4.14 görüldüğü gibi yüzey örtücü üst kat gramajının artmasına bağlı olarak beyazlık ve parlaklık değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Fakat sarılık değerlerinde gözlemlenen negatif etkinin sebebi yapılan bir çalışmada FAS kimyasalının atık ofis ve magazin kağıtları içerisinde bulundurduğu çivit boya gibi sarılık değerini düşüren ve optik beyazlatıcı maddeleri kağıt hamurundan uzaklaştırmasından kaynaklandığını belirtmiştir (Çiçekler, 2019).

Çizelge 4.15. Beyaz testliner kağıtların leke analizlerine ait bulgular

Boyut (mm ²)	70T+40Y			70T+45Y			70T+50Y			80T+40Y			80T+45Y			80T+50Y		
	Adet	Alan (mm ² /m ²)	Ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	Ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm	Adet	Alan (mm ² /m ²)	ppm
0.02-0.03	12800	309	30939	15333	377	37697	17067	418	41837	13067	325	32504	14000	344	34436	16400	403	40355
0.03-0.04	8400	295	29552	7867	271	27172	11067	384	38441	7067	249	24876	7333	242	24199	9600	331	33113
0.04-0.05	3200	144	14368	4533	201	20164	3733	169	16912	3200	144	14400	4267	191	19156	5733	255	25535
0.05-0.06	2533	137	13748	3467	184	18395	3333	182	18249	2267	123	12341	3867	210	20996	3067	165	16497
0.06-0.07	1867	121	12147	2933	191	19112	1600	105	10476	2000	128	12820	2533	162	16237	2000	130	13055
0.07-0.08	667	50	4976	400	29	2918	1333	99	9879	1200	90	8993	1200	91	9087	933	70	7006
0.08-0.09	400	34	3443	800	71	7104	800	67	6674	1200	103	10285	600	51	5057	400	34	3407
0.09-0.10	1000	96	9576	1000	96	9615	600	57	5705	400	37	3731	600	56	5560	600	57	5739
0.10-0.15	800	101	10089	1067	140	14017	933	116	11600	800	100	10047	533	68	6840	1200	146	14584
0.15-0.20	800	125	12552	400	63	6316	400	62	6208	400	79	7892	533	87	8728	533	85	8536
0.20-0.25	600	142	14202	400	84	8396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	81	8104
0.25-0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30-0.40	0	0	0	400	155	15500	0	0	0	800	273	27340	0	0	0	0	0	0
0.40-0.60	0	0	0	0	0	0	400	227	22748	30667	1247	124840	34533	1396	139667	40000	1638	163867
0.60-0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	80	8002	533	71	7079	800	108	10832
0.80-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13067	325	32504	14000	344	34436	16400	403	40355
1-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7067	249	24876	7333	242	24199	9600	331	33113
2-2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3200	144	14400	4267	191	19156	5733	255	25535
Roundish 12.56-50	31200	1256	125640	36533	1492	149347	40267	1659	166093	2267	123	12341	3867	210	20996	3067	165	16497
Oblong 50-150	533	114	11381	400	66	6601	17067	418	41837	2000	128	12820	2533	162	16237	2000	130	13055

Çizelge 4.14'teki optik özellikler incelendiğinde; taban kağıdın ERIC değeri 724 ppm, beyazlık değeri %30.17 ve opaklık değeri ise %99.93 olarak bulunmuştur. 70T+40Y kağıdında ERIC değeri 398 ppm, beyazlık değeri %59.98 ve opaklık değeri ise %99.45 olarak bulunurken 80T+40Y kağıdında ERIC değeri 467 ppm, beyazlık değeri %59.98 ve opaklık değeri ise %99.96 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'te incelendiğinde daha az lif kaynağı tüketimi ve ekonomiklikte göz önüne alındığında en iyi sonucu 70 gramajındaki taban kağıdının 50 gramajındaki yüzey örtücü kağıtla kaplanması ile elde edilen 120 gramajındaki beyaz testliner kağıtların olduğu tespit edilmiştir.

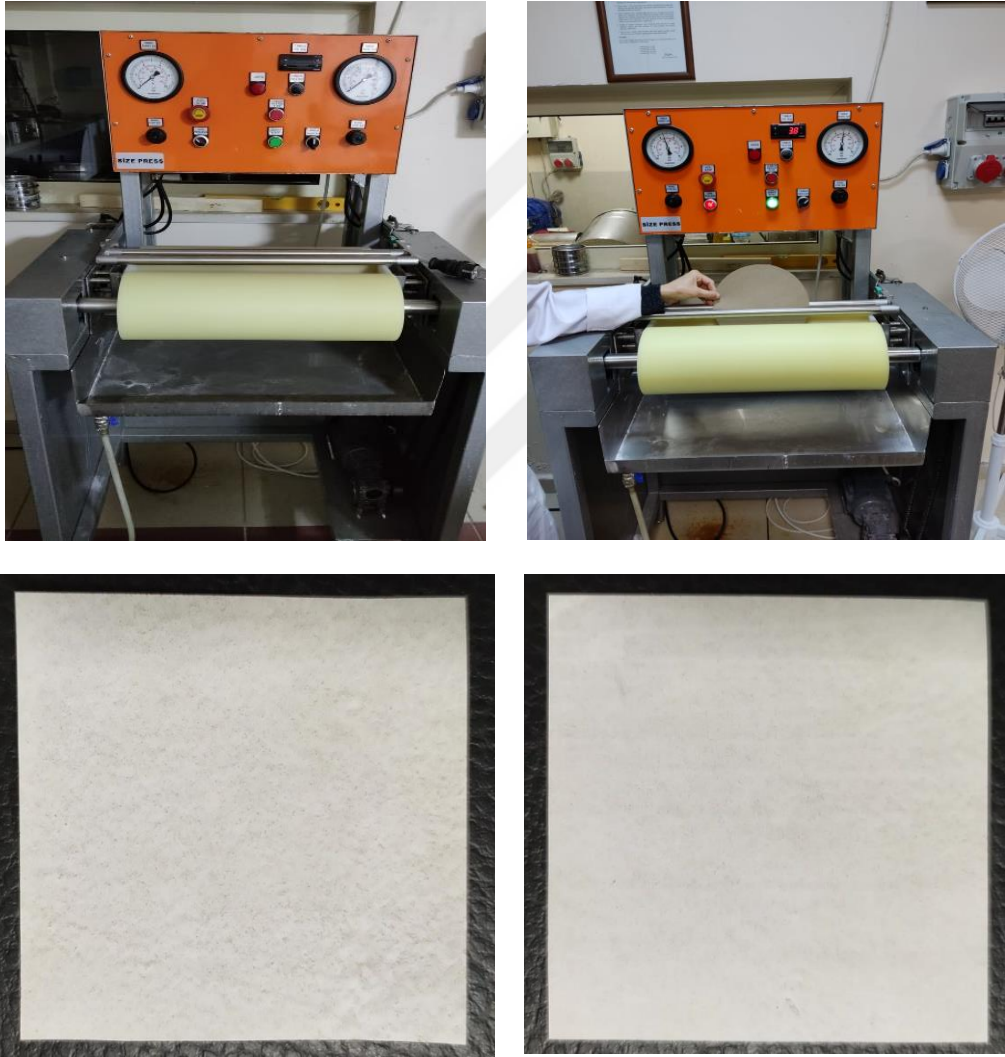
4.8. Kuşe Harcı ile Üretilen Beyaz Testliner Kağıtların Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Bu çalışmanın ikinci aşamasında 100 ve 110 (g/m²) gramajında kahverengi taban kağıtları üretilmiş yüzeyleri yukarıda Çizelge 3.7'de verilen oranlarda kuşe harcı hazırlanmıştır. Aşağıda Şekil 4.2'de gösterilen size pres yardımıyla taban kağıtlarının üst yüzeylerinde 10, 15 ve 20 (g/m²) olacak şekilde kuşe harcı ile Çizelge 3.8'de belirtilen gramajlarda beyaz testliner kağıtlar üretilmiştir. Kuşeleme işlemi sonrası kuruyan kağıtlar, kalenderleme makinesinde sıcaklık uygulanmadan 15 bar basınç altında 5 saniye gibi kısa bir sürede kalenderlenmiştir. Kalenderleme sonrası elde edilen kağıtlar TAPPI T 402 om-88 standardına (Anonim, 1992) göre sıcaklığı 23±1 °C ve bağıl nemi %50±2 olan iklimlendirme odasında 12 saat bekletildikten sonra fiziksel ve optik özellikleri belirlenmiş olup sonuçları aşağıda Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'de ayrı ayrı verilmiştir.

Size pres, kağıt makinesi üzerinde yer alan ve yüzey sıvama ve tutkallamada işlevi olan bir ekipman olarak bilinmektedir. Yüzey tutkallama sayesinde kağıda hidrofobik özelliklerle birlikte basılabilirlik, rentabilite ve yapışkanlık gibi özellikler kazandırılmaktadır. Size pres kısmında yüzey tutkallama işlemi farklı fonksiyonlara sahip kimyasalların oluşturduğu sulu bir süspansiyon uygulamasıyla gerçekleşmektedir. Bu işlemden sonra kağıdın yüzey direnci ve sertlik özelliklerinde artış görülmekte ve kağıt basılabilirliği gelişmektedir. Kağıt makinesinde yer alan size preslerin uyguladığı tutkal farklı kimyasalların karışımını içermektedir. Bu karışımlar fonksiyonlarına göre aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Brander ve Torn, 2012);

- Yüzey sıvama ve güçlendirici özelliği olanlar,
- Özel kimyasallardan oluşan karışımlar,
- Taşıma ortamı oluşturan karışımlar,
- Yüzey tutkalı ve hidrofobik maddeler içeren karışımlar.

Kuşe harcı uygulaması sonucu elde edilen kağıtların, kontrol kağıtlarına göre kalınlık artışı ve porozite değeriindeki sayısal artış, kuşeleme işleminin başarılı olduğunu göstermektedir. Mekanik değeriindeki artış ise kuşe harcında bulunan nişasta ve CMC'nin kağıdın iç yapışma özelliklerini iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.2. Size preste üst yüzeyi kuşelenmiş kağıtlar

Çizelge 4.16. Kuşeli beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri

Kuşeli Kağıtlar	Gramaj (g/m ²)	Kalınlık (μ)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² .g ¹)	Porozite (sn)	SCT (kN.m ⁻¹)	RCT (kN.m ⁻¹)	Cobb (60sn)	S. Bond (J/m ²)
100 (0)	100	161.0	6200	3.70	154	3.36	1.13	135	462
110 (0)	110	176.0	5455	3.70	144	3.55	1.25	161	500
100T+10K	110	170.0	5300	4.10	186	3.23	1.07	-	505
100T+15K	115	166.0	5030	3.60	203	3.61	1.08	-	498
100T+20K	120	191.0	4570	3.60	214	3.36	1.03	-	516
110T+10K	120	180.0	5190	4.10	200	3.74	1.28	-	506
110T+15K	125	188.0	4910	4.30	218	3.62	1.41	-	504
110T+20K	130	200.6	4900	3.80	327	3.84	1.33	-	470

T: Taban kağıdı, K: Kuşe harcı miktarı

Çizelge 4.17’de görüldüğü üzere; 100T+10K kağıdın beyazlık değeri %63.86 ve parlaklık değeri ise %62.33 olarak bulunmuştur. 100T+20K kağıdında beyazlık değeri %75.34 ve opaklık değeri ise %100 olarak bulunurken, 110T+20K kağıdında beyazlık değeri %75.56 ve opaklık değeri ise %100 olarak tespit edilmiştir. Kuşe uygulaması yapılmış kağıtlar incelendiğinde daha belirgin parlaklık ve opaklık (%ISO) değerlerine sahip olduğu elde edilmiştir opaklık (Eroğlu ve Usta, 2004; Bucak, 2014).

Çizelge 4.17. Kuşeli beyaz testliner kağıtların optik özellikleri

	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	CIE Beyazlık (%)	L*	a*	b*	Opaklık (%ISO)
100T+10K	63.86	62.33	3.72	56.70	83.89	0.78	1.43	100.00
100T+15K	68.20	67.45	1.88	64.74	86.04	0.47	0.71	100.00
100T+20K	75.34	75.24	0.20	75.01	89.39	0.16	0.47	100.00
110T+10K	64.29	62.69	3.77	56.85	84.11	0.71	1.49	100.00
110T+15K	68.22	67.68	1.29	65.95	86.21	0.38	0.46	100.00
110T+20K	75.56	75.53	0.10	75.51	89.65	0.09	0.01	100.00

Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17 incelendiğinde kuşe harcı kullanılarak üretilmiş beyaz testliner kağıtta önemli özelliklerden bir tanesinin de optik özellikler olması ve ekonomiklikte göz önüne alındığında en iyi sonucun 100 gramajındaki taban kağıdına

uygulana 20 g/m² kuşe harcı oranında yani 120 gramajındaki beyaz testliner kağıtlarda olduğu belirlenmiştir.

4.9. Atık Kağıt ve Kuşe Harcı ile Üretilen Beyaz Testliner Kağıtların Karşılaştırılması

Hem ağartılmış atık kağıt ve hem de kuşe harcı ile optimum özelliklere sahip beyaz testliner kağıtların fiziksel özelliklerine ait sonuçlar aşağıda Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ağartılmış atık kağıtlardan ve kuşe harcından üretilen beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri

	Kalınlık (μ)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² .g ¹)	Porozite (sn)	SCT (kN.m ⁻¹)	RCT (kN.m ⁻¹)
70T+50Y (Atık Kağıt)	179.50	5785	3.95	348	3.90	1.68
100T+20K (Kuşeli)	191.0	4570	3.60	214	3.36	1.03

Yapılan bu çalışmada, Çizelge 4.18’de de görüldüğü gibi fiziksel özellikler bakımından ağartılmış atık hamurlardan üretilen 120g/m² gramajındaki beyaz testliner kağıtların fiziksel direnç özellikleri (kopma uzunluğu ve patlama indisi) kuşe harcı uygulamasıyla üretilen beyaz testliner kağıtlardan daha yüksek ve mukavemetli olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kuşeleme harcında kullanılan nişastanın yüzeyde bir film tabakası oluşturması ve bu film tabakasında kopma ve patlama değerlerinde önemli bir artışa neden olmadığı yönünde açıklanabilir (Bucak, 2014).

Çizelge 4.19. Ağartılmış atık kağıtlardan ve kuşe harcından üretilen beyaz testliner kağıtların optik özellikleri

	Beyazlık (%ISO)	Parlaklık (%ISO)	Sarıklık (E313)	Opaklık (%ISO)
70T+50Y (Atık Kağıt)	63.36	70.64	-13.00	99.96
100T+20K (Kuşeli)	75.34	75.24	0.20	100

Yine Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi kuşe harcı uygulamasıyla üretilen 120g/m² gramajındaki beyaz testliner kağıtların optik özellikleri (beyazlık, parlaklık, sarılık ve opaklık), ağartılmış atık hamurlardan üretilen beyaz testliner kağıtlardan daha yüksek

olduğu tespit edilmiştir. Bu durum; kuşelenme işlemi uygulanmış kağıtlar kuşelenmemiş bir kağıda oranla daha belirgin bir baskı ve parlaklığa ve daha yksek optik ozellikler sahip olacağı şeklinde açıklanabilir. Ayrıca, kuşeleme işlemi uygulanan kağıt yzeleri daha dzygn olduğundan hem baskı kalitesi artmakta hem de kağıt-mrekket tutma ve bağlanma ilişkisi iyileştirmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atık kağıt ve kuşe harcı ile beyaz testliner üretiminin araştırılması başlıklı bu tez çalışması 1 ve 2 aşamamadan oluşan atık ofis ve magazin kağıtlarının geri dönüştürülerek hamurlaştırılmasında farklı kimyasallar farklı oranlarda kullanılmıştır.

Bu çalışmanın birinci aşamasında, yukarıdaki Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi 10 nolu hamurun hamurlaştırma işleminde FAS (%0.7) ve Talk (%20) kimyasalları kullanılarak %81.02 ile en yüksek verim elde edilmiştir. Atık ofis ve magazin kağıtlarının hamurlaştırılmasında en yüksek verim oranı FAS %0.7 ve talk oranı %15 kullanılarak elde edilmiştir. En düşük hamur verimliliği FAS yerine H₂O₂ kullanılarak yapılan hamurlaştırma işleminden %67.07 olarak tespit edilmiştir. Burada FAS kimyasalı yerine H₂O₂ kullanılması verimliliği düşürmüştür. Hamurlaştırma işleminden sonra elde edilen kontrol kağıtlarının optik özelliklerine bakıldığında (Çizelge 4.2) ise en iyi ERIC değeri 256 ppm olarak 2 nolu kağıtta bulunurken en yüksek ERIC değeri ise 325 ppm olarak 15 nolu kağıtta bulunmaktadır. En yüksek beyazlık değeri 2 nolu kağıtta %72.29 olarak tespit edilirken, en düşük beyazlık değeri ise 1 nolu kağıtta %69.00 olarak gösterilmiştir. Ayrıca opaklık değeri en yüksek 15 nolu kağıtta %88.49 olarak bulunurken, en düşük opaklık değeri ise %82.53 olarak 1 nolu kağıtta görülmüştür. Sonuç olarak 10 numaralı hamurlaştırma koşulunun fiziksel, optik ve verim özelliklerinin yanında ekonomikliği de dikkate alınarak çalışmanın sonraki aşamalarında bu şartlara uygun olarak elde edilen hamurlarla çalışılmıştır.

FAS ve ditiyonit ağartma sonrası elde edilen hamurlardan üretilen kağıtların optik özelliklerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiş ve ekonomikliğin ve çevre faktörlerinin de etkisi göz önünde bulundurularak FAS ağartması ile çalışmalara devam edilmesine karar verilmiştir. %0.4 FAS ağartmasının yüzey kağıdında en uygun (Çizelge 4.12) seçenek olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci aşamasında ise, atık kağıtlardan ağartılmış hamur yerine, çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC) ile kuşe harcı hazırlanarak kahverengi taban kağıtlarının üst yüzeylerine uygulama sonucu beyaz testliner kağıtlar üretilmiştir.

Yapılan bu tez çalışması ile kuşe harcı uygulaması sonucu üretilen beyaz testliner kağıtlarda Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi kuşe uygulamasının oranı arttıkça fiziksel özellik bakımından patlama indisi ve kopma uzunluğu değerlerinde yaklaşık %14.0

oranında azalma görülmüştür. Çizelge 4.17’de optik özellikler incelendiğinde ise beyazlık (%ISO) 75.34 ve parlaklık (%ISO) 75.24 olarak optimum 100T+20K kağıdında tespit edilmiştir.

Ağartılmış atık kağıtlardan ve kuşe harcından üretilen beyaz testliner kağıtların fiziksel özellikleri ile ilgili değişim her iki aşamada karşılaştırıldığında Çizelge 4.18’de en düşük porozite değeri 214 sn ile 100T+20K numunesinde iken 70T+50Y numunesinde porozite değeri ise 348 sn olarak belirlenmiştir. Birim zamanda, birim basınç farkı altında birim alandan geçen ortalama hava akış miktarını veren porozite değeri sayısal olarak arttıkça kağıdın hava geçirgenliğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Aynı tabloda (Çizelge 4.18) atık ofis ve magazin kağıtlarından üretilen beyaz testliner kağıtlarından 70T+50Y numunesinde kopma uzunluğu % 27.0 ve patlama indisi % 10.0 oranında fiziksel mukavemetlerde artış tespit edilmiştir. Çizelge 4.19’da optik özellikler incelendiğinde ise kuşe harcı ile üretilen beyaz testliner kağıtlarından 100T+20K numunesinde beyazlık (%ISO) değeri %19.0 ve parlaklık (%ISO) değeri % 7.00 oranında artış ortaya çıkmıştır.

Yapılan bu çalışmada FAS kimyasalının ağartma sürecinde kullanılarak ülkemizde daha sağlıklı bir çevre ortamı yaratacağı düşünülmüştür. Ağartma işleminde kullanılan diğer kimyasallara göre daha ekonomik olduğu da bilinmektedir.

Elde edilen optimum üretim koşulları atık kağıtlardan beyaz testliner kağıt üretimi yapan işletmelerde kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca bu uygun koşullar sayesinde atık kağıtların daha da önem kazanacağı ve bunların değerlendirilmesi için ortaya daha büyük bir pazarın çıkacağı düşünülmektedir.

Yurt dışından ithal edilen ağartılmış yüksek fiyatlı lifler yerine ülkemizde bulunan atık ofis ve magazin kağıtlar, geri dönüşüm sistemlerinde tekrar kazandırılabilir.

Ülkemizde atık ofis ve magazin kağıtlarından beyaz testliner üretimini gerçekleştirmek hem katma değeri yüksek ürün elde etmemize ve ülke ekonomisine katkı sağlamasına hem de dışa bağımlılığımızı azaltmamıza yardımcı olabilir.

Ülkemizde toplama ayırma sistemleri yeterli seviyede değildir. Toplama ayırma sistemlerinin kurulması kağıdın kendisinden kendisini üretilmesi katma değer yaratır. Aynı zamanda ülke ekonomisi açısından yurtdışına bağımlılığı azaltabilir.

Sürdürülebilir bir kağıt-karton sektörü ortaya koymak için yeterli bulunmayan hammadde sorununa uzun vadeli devlet politikalarının planlanması gerekmektedir. Kağıt-karton sektörünün beklediği politikalar içerisinde; enerji maliyetlerinin düşürülmesi, gümrüklerde daha bilinçli şekilde kontrollerin yapılması, haksız rekabetin engellenmesi, selüloz üretiminin gerçekleşmesi, ormanların işletilmesi ve katı atıklar yönetiminde özellikle sıfır atık yönetim planlarının oluşturulması gibi önemli konular yer almaktadır.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasıyla kuşeleme işlemi uygulanarak üretilen beyaz testliner kağıtlar optik özellikler bakımından daha yüksek ve iyi sonuçlara sahip olsalar da, düşük mukavemet özellik göstermeleri seri üretim yapan fabrikalar için önemli bir handikaptır. Ayrıca, katma değeri daha düşük atık ofis ve atık magazin kağıtlarından katma değeri yüksek beyaz testliner kağıtlarının bu çalışma ile kolaylıkla üretilebileceği ve seri üretimde de mukavemet değerlerinin çok önemde olması ve fabrikanın üretim prosesine daha uygun olması durumunda atık kağıtlardan ağartılmış hamurların kolaylıkla kullanılabilme imkanı bulunmaktadır. Ayrıca atık ofis ve magazin kağıtlarından elde edilen örtücü kağıtların optik özellikleri, testliner kağıtlar için kabul edilebilir özelliktedir. Aynı zamanda bu çalışmanın bir kısmı KSÜ Orman Endüstri laboratuvarlarında, bir kısmı da Kahramanmaraş Kağıt Sanayii AR-GE merkezinde gerçekleştirilmiş olup Üniversite-Sanayi işbirliğine önemli katkılar sunmuştur.

KAYNAKLAR

- Akbarpour, I., Ghaffari, M., Ghasemian, A., 2013. Deinking of Different Furnishes of Recycled MOW. ONP. and OMG Pulps in Silicate-Free Conditions Using Organic Complex of PHAAS . Bioresources. 8(1). 31-44.
- Akkayan, S. C., 1987. Selüloz üretiminde mikrobiyolojik problemler. İÜ Orman Fakültesi Dergisi. Seri:B, Cilt: 37, Sayı: 1, s: 142-159.
- Anonim, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, 1999. ISO-5267-1, Pulps-Determination of drainability, Part 1: Schopper Riegler method, Second edition.
- Aşan, S. G. ve Fenman, T., 2000. Ambalaj Sözlüğü Günümüzde Ambalaj Üretimleri ve Türkiye Ambalaj Endüstrisi, Nurol Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi A.Ş., Ankara, Türkiye, 3-4, 22, 29, 118-132.
- Aydemir, C., 2014. Kağıdın Yüzey Pürüzlülüğünün. Baskı Renk değişimi. Işık Haslığı ve Baskı Parlaklığına Etkisi. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, DOI: 10.7240/mufbed.86137, sayı: 3, s: 81-88.
- Bayraktar, F., 2004. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Kağıda Dayalı Ambalaj Malzemeleri Sektör Araştırması. SA-04-7-22 Araştırma Müdürlüğü, Ankara.
- Bajpai, P., 2010. Environmentally Friendly Production of Pulp and Paper. A John Wiley & Sons, Inc., Publication, Canada.
- Berger, M., Meier, J., and EUL. W., 1990. Advanced bleaching technology for secondary fibre. Pacific paper Expo Conference, Vancouver.
- Biermann, C. J., 1993. Essentials of pulping and papermaking. Academic press, pp.472.
- Blasius, K., and Manoiu, A., 2010. Improving The Cost-Effectiveness of White Top Linerboard Based on Recycled Pulp. Cellulose Chem. Technol., 44 (10), 489-497.
- Borchardt, J.K., 1999. An introduction to deinking chemistry, In: Paper Recycling Challenge-Deinking and, Bleaching, pp.18-30.
- Bostancı, Ş., 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. KTÜ Orman Fak., Yay.No. 114 / 13, Trabzon.
- Brander, J., and Thorn, I., 2012. Surface Application of Paper Chemicals, Blackie Academic&Professional, an Imprint of Chapman&Hall, London.
- Bucak, F., 2014. Tekstil Artıklarının Kağıt Kuşelemesinde Değerlendirilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Carre, B., Magnin, L., Galland, G., Vernac, Y., 2000. Deinking Difficulties Related to Ink Formulation. Printing process and Type of Paper. TAPPI JOURNAL. Vol. 83(6).
- Casey, J. P., 1980. Pulp and Paper. Vol: IPulping and Bleaching Second Print. New York. pp: 535.

- Cleveland, F. C., 1993. Pulping of secondary fibre. In: Secondary Fibre Recycling. Edited by R.J. Spangenberg. Tappi Press. Atlanta. pp. 91-100.
- Crow, D. R., and Secor, R. F., 2000. The ten steps of deinking. In: Recycling paper-From Fibre to Finished Product. Pp. 273-280.
- Çiçekler, M., 2019. Birincil ve İkincil Lif Karışımlarının Yazı Tabı. Oluklu Mukavva ve Gazete Kağıdı Üretiminde Kullanımının Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Kahramanmaraş.
- Desai, D.I., Iyer, B.D., 2015. Biodeinking of old newspaper pulp using a cellulase-free xylanase preparation of *Aspergillus niger* DX-23. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 5(1). 78-85.
- DPT, 2005. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. “Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu”.
- Erkan, Z.E., ve Malayoğlu, U., 2001. Kağıt-Karton Sanayiinde Kullanılan Endüstriyel Hammaddeler ve Özellikleri. IV. Endüstriye Hammaddeler Sempozyumu (s.250-257), İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Eroğlu, H. ve Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders Kitabı Cilt I. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Fallows, J. D., 1995. Pulper and pulper screens. In: Deinking Short Course. Atlanta. Tappi Press. pp. 39-72.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT statistics database. erişim: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Tarih. 03.05.2022
- Ferguson, L. D., 1992. Deinking Chemistry: P2 Tappi Journal. Vol 75. No 8. pp 49-57.
- Forsberg, P.M. ve GENCO, J.M., 1994. Bleaching Mixed Office Waste to High Brightness, Tappi Journal, 77(3) p253-259.
- Gehr, V., 1997. Bleaching of Secondary Fibre Stocks-What Can the White Magic Achieve?, Papier. 51(11) p580-585.
- Gill, R.A., 1995. “Fillers for Papermaking” in Applications of Wet-End Paper Chemistry Ed: By Che On Au and Ian Thorn. Blackie Academic&Professional. London. UK. pp:54-76.
- Holik, H., 2000. Unit Operations and equipment in recycled fibre processing. In: Recycled Fibre and Deinking. Edited by L. Götsching. Fapet Oy Publ. . Helsinki. pp.91-205.
- Horacek, R.G. 1993. Washing, In: Secondary Fiber Recycling, R.J. Spangenberg, (Editör), Tappi Press, Atlanta, GA. USA. S. 163-183.
- ISO, 2018. Kağıt Ve Kağıt Ürünleri İmalat Sanayi. İstanbul.
- İmamoğlu, S., 2002. Atık Kağıt Hamurlarının Formamaidin Sülfirik Asit (FAS) ile Ağartılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Jamnicki, S., Rutar, V., Lozo, B., and Balabanic, D., 2010. Office Paper Grades In The Production of White Top Lnerboards. 5th International Symposium on Novelties in Graphics, 27–29 May, Ljubljana, Slovenia.

- Karademir, A., Chew, Y.S., Hoyland, R.W., and Xiao, H., 2005. Influence of Fillers on Sizing Efficiency and Hydrolysis of Alkyl Ketene Dimer. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 83(3): 603-606.
- Kaya, A. İ., 2015. Atık kağıtlardan geri kazanılmış liflerden kompozit malzeme üretim olanaklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta.
- Kırcı, H., 2004. Atık Kağıt Geri Kazanma Teknolojisi. KTÜ Basımevi. Trabzon.
- Kleinau, J.H., 1990. Contaminants, In: *Secondary fibers and non wood pulping*, Kocurek, M.J. (Series Editor), Tappi Press, Atlanta, GA.
- Kronis, J. D., and Nimmerfroh, N., 1994. Opportunities for FAS secondary fibre processing. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings. Atlanta. pp. 263-276.
- Kronis, J.D., 1997. Optimum conditions play major role in recycled fiber bleaching with FAS. In: Patrick, K.L. (Ed.), *Advances in Bleaching Technology*. Miller Freeman Books, CA, p. 104.
- Laloğlu, S., 2017. Renkli Ofis Kağıtlarının Geri Dönüşümünde Hamurlaştırma Kademesi Sırasında Ön Ağartıcı Olarak Formamidin Sülfirik Asit Kullanımı (Yüksek Lisans Tezi). Artvin.
- Lee, C.K., Ibrahim, D., Ibrahim, C.O., Wan Rosli, W.D., 2011. Enzymatic and Chemical Deinking of Mixed Office Wastepaper and Old Newspaper: Paper Quality and Effluent Characteristics. *Bioresources*. 6(4). 3859-3875.
- Mazumdar, S. (2001). *Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420041989>.
- Matzke, W., Selder, H., and Kappal, J., 1994. Present and future bleaching of secondary fibres. 1994 Tappi Recycling Symposium Proceedings. Atlanta pp. 325- 331.
- Mckinney, R. W. J., 1995. Wastepaper recovery and collection. In: *Technology of paper Recycling*. Edited by R. W. J. Mckinney. London. Blackie Academic and Professional Publ. . pp. 1-26.
- Morel, P.L., 1989. Secondary fibre for newsprint. *Proceeding Tappi Pulping Conference*, Tappi Pres, Atlanta, pp. 367-372.
- Önen, M.O., 2002. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Sektörel Araştırmalar. Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri. SA-02-2-5 Araştırma Müdürlüğü. Nisan. Ankara.
- Öztürk, M., 2005. Kullanılmış kağıtların geri kazanılması kullanılan kağıttan kağıt üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı. Ankara.
- Pathak, P., Bhardwaj, N.K., Singh, A.K., 2011. Optimization of chemical and enzymatic deinking of photocopier waste paper. *Bioresources*.6(1): 447-463.
- Peşman, E., 2010. Atık Gazete ve Magazin Kağıtlarının Mürekkep Uzaklaştırma ve Ağartma Özelliklerinin Belirlenmesi Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Peşman, E., Kırcı, H. Ersoy Kalyoncu, E., 2011. Kısa Dalga Boyunda Uygulanan UV Işınımının Geri Dönüştürülen ve Ağartılan Atık Gazete ve Magazin Kağıdı Hamurlarının Renk Değerleri Üzerine Etkisi, *Artvin çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(1):57-67

- Peşman, E., İmamoğlu, S., Kalyoncu, E.E., Kırıcı, H., 2014. The Effects of Sodium Percarbonate and Perborate Usage on Pulping and Flotation Deinking Instead of Hydrogen Peroxide. *Bioresources*. 9(1). 523-536.
- Rudra, P. S., and Bjorn, C. D., 1979. *The Bleaching of Pulp*. TAPPI Press. pp: 695.
- Schwinger, K., and Dobias, B., 1991. The Influence of Calcium Ions on the Loss of Fibre In the Flotation Deinking Process. *CPPA Recycling Forum Proceedings*. pp 73-79.
- Singh, R.P., 1978. Principles of pulp bleaching. In: *The Bleaching of Pulp*, Tappi Press, Atlanta, pp. 15-28.
- Singh, A., Yadav, R.D., Kaur. A., Mahajan. R., 2012. An ecofriendly cost effective enzymatic methodology for deinking of school waste paper. *Bioresource Technology*. 120(1). 322-327.
- SKSV, 2015. “Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı 2014 Yıllık Raporu” Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı Yayınları, İstanbul.
- SKSV, 2022. “Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı 2021 Yıllık Raporu” Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Strachan, J., 1918. Recovery and re-manufacture of waste-paper, <https://doi.org/10.1038/102001a0>.
- Süss, H. ve Krüger, H., 1983. German Patent. DE 3.309.956 C1 Mart 19.
- Tetik, M., 2021. Kağıdın Geri Dönüşüm Prosesleri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir.
- Thompson, S., 1978. Paper Manufacturing and Early Books. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 314: 167-176.
- Tunca, T., 2010. Yüzey Tutkallama Eğitim Notları. DİPER Kimya End. San. Tic.A.Ş. İzmir.
- Tutuş, A., 2010. Ülkemizde Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimine Dünü ve Bugünü. KSÜ Orman Fakültesi. Orman Endüstri Müh. Bölüm Semineri. Kahramanmaraş.
- Tutuş, A., Çiçekler, M. ve Kılılı, U., 2015. “Atık Ofis Kağıtlarından Temizlik Kağıdı Üretimi”, 7. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi-UKAY, s: 201-215, 14-16 Ekim, Gaziantep.
- Tutuş, A., Gültekin, S., ve Çiçekler, M., 2016. Effects of Using Starch at Size Press on Physical and Optical Properties of Some Packing Papers. *International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences Afyon Kocatepe University, Turkey 21-22 April*.
- Tutuş, A., Kılılı, U., Günderen, F. ve Çiçekler, M., 2018. Kuşe Karton Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Uluslararası Artvin Sempozyumu*, 18-20 Ekim.
- Tutuş, A., ve Bilgiç Kara, S, 2022. “İkincil Liflerin Beyaz Testliner Kağıt Üretiminde Kullanılması” 1st International Conference on Scientific and Academic Research, December 10-13, Konya.
- URL-1. 2022. <https://aged.org.tr/geri-donusebilen-ambalajlar> (Erişim Tarihi: 28/12/2022)

- URL-2. 2022. https://www.iso.org.tr/file/kagit_sektoru_raporu_web_kasim2018-9076.pdf (Erişim Tarihi: 28/12/2022)
- URL-3. 2022. <https://www.ompak.com.tr/bilgibankasi-kagitvekarton.html> (Erişim Tarihi: 28/12/2022)
- URL-4. 2022. <https://larton.com.tr/dunyada-kagit-uretimi-ve-tuketimi/> (Erişim Tarihi: 28/12/2022)
- URL-5. 2022. <https://aged.org.tr/wp-content/uploads/2022/12/rapor04.pdf> (Erişim Tarihi: 28/12/2022)
- Üner, B. ve şahin, T. H., 2004. Geri Dönüşümde Yaş Pres ve Kurutmanın Lif Özelliklerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Sayı: 1, sayfa: 145-158.
- Weinstock, I.A., 1994. Use of the term 'bleaching' in the context of virgin and secondary fibres: A clarification. In: Recycled Fibre Technology, Mahendre Doshi ed., Tappi Pres, Atlanta, pp. 57-59.
- Yakut, A., 2012. Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kağıttan Yeni Kağıt Üretimini İrdelenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi. A(2): 149-155.
- Zhang, X., Renaud, S., Paice, M., 2008. Cellulase deinking of fresh and aged recycled newsprint/magazines (ONP/OMG). Enzyme and Microbial Technology. 43(2): 103-108.