



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK OFİS KAĞITLARI VE ATIK YUMURTA
KABUKLARINDAN YAZI TABİ KAĞIDI ÜRETİMİ**

UFUK KILLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK OFİS KAĞITLARI VE ATIK YUMURTA
KABUKLARINDAN YAZI TABİ KAĞIDI ÜRETİMİ**

UFUK KILLI

Bu tez,
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2017

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ufuk KILLI tarafından hazırlanan “**Atık Ofis Kağıtları ve Atık Yumurta Kabuklarından Yazı Tabı Kağıdı Üretimi**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 22 /12/ 2017 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ (DANIŞMAN)
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZDEMİR (ÜYE)
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKYÜZ (ÜYE)
Kimya Anabilim Dalı
Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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.

Ufuk KILLI



Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2016/6-1YLS

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 OFİS KAĞITLARI VE ATIK YUMURTA KABUKLARINDAN YAZI TABI KAĞIDI ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UFUK KILLI

ÖZET

21. yüzyıldan itibaren baskı teknolojilerindeki hızlı gelişim nedeniyle kullanılan kağıtların kalitesinin iyileştirilmesine yönelik talepleri hızla artırmıştır. Bu talepleri karşılamak amacıyla yazı-tabı kağıdı üretiminde baskı kalitesini ve kağıdın optik özelliklerini önemli oranda iyileştiren dolgu maddelerinin kullanımı önem kazanmıştır.

Bu çalışmada ‘Atık Ofis Kağıtları ve Atık Yumurta Kabuklarından Yazı Tabı Kağıdı Üretimi’ araştırılmıştır. Atık ofis kağıtları ve atık yumurta kabukları yazı tabı kağıdı üretimine hammadde olarak kullanılmasıyla maliyeti düşürerek dışa olan bağımlılığı azaltmayı hedeflemiştir.

Bu amaçla, yazı tabı kağıdı üretiminde bugüne kadar kullanılmamış olan ECC (yumurta kabuklarından elde edilen kalsiyum karbonat) ve yaygın olarak kullanılan GCC (öğütülmüş doğal kalsiyum karbonat) ve PCC (çöktürülmüş kalsiyum karbonat) dolgu maddesi olarak kullanılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Yazı tabı kağıtlarının bünyesinde kullanılan dolgu maddelerinin etkilerini belirlemek amacıyla üretilen kağıtların fiziksel ve optik testleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, ECC, GCC ve PCC dolgu maddeleri ile üretilen yazı tabı kağıtlarında, en iyi fiziksel özellikler %25 ECC, %25 GCC ve %20 PCC dolgu oranlarında, en iyi optik özellikler ise %25 ECC, %25 GCC ve %25 PCC dolgu oranlarında elde edilmiştir. Bununla birlikte, ECC ile üretilen kağıtların fiziksel özellikleri PCC ve GCC ilaveli kağıtlardan daha yüksek, optik özelliklerinin ise benzer olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yazı tabı kağıdı, dolgu maddeleri, atık ofis kağıtları, yumurta kabukları.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık/2017

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Sayfa sayısı: 81

WRITING AND PRINTING PAPER PRODUCTION FROM MIXED OFFICE WASTES AND EGG SHELLS

MASTER'S THESIS

UFUK KILLI

ABSTRACT

Since the 21th century, due to the rapid developments of printing technologies, the demand for improving the quality of writing and printing papers has increased rapidly. In order to overcome these demands, using fillers that improve the printing and optical properties have gained importance.

In this study, “Writing and Printing Paper Production from Mixed Office Wastes and Egg Shells” was investigated. Mixed office wastes and eggshells were used as raw material in the writing and printing papers production, which aims to reduce the dependency on outsourcing by reducing costs.

For this aim, ECC which has not been used in writing and printing papers production until today and commonly used GCC and PCC were used as a filler and compared with each other. Physical and optical tests were conducted on the produced papers in order to determine the effects of the fillers.

As a result, the best physical and optical properties of writing and printing papers were obtained by using 25% ECC, 25% GCC, 20% PCC and 25% ECC, 25% GCC, 25% PCC filler ratios, respectively. However, the physical properties of the papers used ECC were found to be higher than those of papers used GCC and PCC and their optical properties were found to be similar with each other.

Key words: Writing and printing papers, fillers, mixed office wastes, eggshells.

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Forest Industrial Engineering,
December/2017

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ
Page number: 81

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesinde ve çalışmalarımın yönlendirilmesinde ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ' a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmalarımın sürdürülmesinde her türlü yardımlarını gördüğüm Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Ferhat ÖZDEMİR'e, Arş. Gör. Mustafa ÇİÇEKLER'e ve Doktora Öğrencisi Ayşe ÖZDEMİR'e dolgu maddelerinin temininde desteklerini esirgemeyen ADAÇAL Endüstriyel Mineraller Sanayi ve Ticaret A.Ş. Genel Müdürü Muharrem KAPLAN'a ve AR-GE çalışanlarına ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışmama finansal destek sağlayan KSÜ, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Ayrıca yaşamım boyunca her konuda yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Aralık 2017

Ufuk KILLI

Kahramanmaraş / TÜRKİYE

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
1.1.Atık Kağıt	2
1.2.Atık Kağıtların Sınıflandırılması.....	2
1.3.Atık Kağıtların Kağıt Endüstrisinde Kullanım Avantajları ve Dezavantajları	3
1.4.Türkiye’de Kağıt Üretimi ve Tüketimi.....	4
1.5.Dünya’da Kağıt Üretimi ve Tüketimi.....	6
1.6.Atık Ofis Kağıtlarından Kağıt Hamuru Üretimi	8
1.6.1.Atık kağıtların pulperde hamurlaştırılması	9
1.6.2.Temizlik ve eleme işlemleri.....	10
1.6.3.Mürekkep giderme (flotasyon)	10
1.6.4.Kesafet artırma işlemi.....	11
1.6.5.Dispersiyon (elyafları dağıtma) işlemi	11
1.6.6.Ağartma işlemi.....	12
1.7.Kağıt Sektöründe Kullanılan Dolgu ve Kaplama Mineralleri	13
1.7.1.Öğütülmüş kalsiyum karbonat (GCC).....	14
1.1.1.1 Öğütülmüş kalsiyum karbonatın (GCC) tüketim alanları.....	14
1.7.2.Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)	14
1.1.1.2 Çöktürülmüş kalsiyum karbonat üretimi (PCC).....	15
1.8.Yumurta	15
1.8.1.Atık yumurta kabuğu.....	15
1.8.2.Tavuk yumurtalarının kullanım alanları.....	16
1.8.3.Türkiye’de yumurta üretimi, ihracatı ve ithalatı.....	17
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
2.MATERYAL VE METOD	21

2.1. Materyal	21
2.1.1. Kullanılan baskılı kağıtlar	21
2.1.2. Atık yumurta kabukları	21
2.1.3. Kullanılan su ve kimyasal maddeler.....	22
3.2. Metot	22
3.2.1. Atık ofis kağıtlarının geri dönüşümü.....	22
3.2.1.1. Atık kağıtların geri dönüşümü ve örnek hazırlama	23
3.2.1.2. Hamurlaştırma ve depolama işlemi.....	23
3.2.1.3. Yüzdürme (flotasyon) işlemi	24
3.2.1.4. Kesafet artırma işlemi	25
3.2.1.5. Mürekkebi giderilmiş kağıtlara alkali ekstraksiyonu işlemi.....	25
3.2.2. Atık beyaz yumurta kabuklarından kalsiyum karbonat üretimi.....	26
3.2.2.1. Atık beyaz yumurta kabukları	26
3.2.2.2. Yıkama işlemi.....	27
3.2.2.3. Kurutma işlemi	27
3.2.2.4. Öğütme işlemi.....	27
3.2.2.5. Eleme işlemi	28
3.2.2.6. Depolama işlemi.....	28
3.2.3. Yazı tabı kağıdı üretimi.....	29
3.2.4. Yazı tabı kağıtlarının testleri.....	29
3.2.4.1. Fiziksel ve optik özelliklerin belirlenmesi.....	30
3.2.5. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtlara ait verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	32

4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... 33

4.2. Mürekkebi Giderilmiş ve Alkali Ekstraksiyonu Yapılmış Atık Ofis Kağıtlarının Optik Özelliklerine Ait Bulgular.....	33
4.3. ECC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular	33
4.3.1. ECC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi	34
4.3.2. ECC oranının patlama indisi üzerine etkisi.....	36
4.3.3. ECC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi.....	37
4.3.4. ECC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi.....	39
4.4. ECC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular.....	39
4.4.1. ECC oranının parlaklık üzerine etkisi	40
4.4.2. ECC oranının sarılık üzerine etkisi.....	41
4.4.3. ECC oranının opaklık üzerine etkisi.....	42
4.4.4. ECC oranının beyazlık üzerine etkisi	43
4.4.5. ECC oranının kül oranı üzerine etkisi	44
4.4.6. ECC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi	44
4.5. ECC SEM Görüntüleri.....	44
4.6. GCC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular.....	47

4.6.1.GCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	48
4.6.2.GCC oranının patlama indisi üzerine etkisi	49
4.6.3.GCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi	51
4.6.4.GCC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi.....	52
4.7.GCC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular	53
4.6.1.GCC oranının parlaklık üzerine etkisi.....	54
4.7.1.GCC oranının sarılık üzerine etkisi	55
4.7.2.GCC oranının opaklık üzerine etkisi	56
4.7.3.GCC oranının beyazlık üzerine etkisi.....	57
4.7.4.GCC oranının kül oranı üzerine etkisi.....	58
4.7.5.GCC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi.....	58
4.8.GCC SEM Görüntüleri	58
4.9.PCC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular	60
4.9.1.PCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi	61
4.9.2.PCC oranının patlama indisi üzerine etkisi.....	62
4.9.3.PCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi.....	64
4.9.4.PCC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi.....	65
4.10.PCC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular	65
4.10.1.PCC oranının parlaklık üzerine etkisi	66
4.10.2.PCC oranının sarılık üzerine etkisi.....	67
4.10.3.PCC oranının opaklık üzerine etkisi.....	68
4.10.4.PCC oranının beyazlık üzerine etkisi	69
4.10.5.PCC Oranının Kül Oranı Üzerine Etkisi.....	70
4.10.6.PCC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi	71
4.11.PCC SEM Görüntüleri.....	71
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	73
6.KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Atık ofis kağıtlarına uygulanan örnek bir proses dizaynı	9
Şekil 3.1. Test kağıtlarına uygulanan baskı modeli	21
Şekil 3.2. Atık ofis kağıtlarının geri dönüşüm aşamaları	22
Şekil 3.3. Parçalanmış kağıtlar	23
Şekil 3.4. Hobart tipi hamurlaştırıcı	23
Şekil 3.5. Yüzdürme hücresi	24
Şekil 3.6. Alkali ekstraksiyonu işlemi	25
Şekil 3.7. Atık beyaz yumurta kabuklarından dolgu maddesi elde etme aşamaları	26
Şekil 3.8. Atık beyaz yumurta kabukları	27
Şekil 3.9. Kirlilikten arındırılmış yumurta kabukları	27
Şekil 3.10. Taşlı öğütücü	28
Şekil 3.11. ECC eleme işlemi	28
Şekil 3.12. ECC depolama	29
Şekil 3.13. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	30
Şekil 3.14. Kopma testi cihazı	30
Şekil 3.15. Patlama direnci test cihazı	31
Şekil 3.16. Yırtılma direnci test cihazı	31
Şekil 3.17. Datacolor Elrepho cihazı	32
Şekil 3.18. Scanning Electron Microscope (SEM)	32
Şekil 4.1. Dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri	34
Şekil 4.2. ECC Dolgulu kağıtların optik özellikleri	40
Şekil 4.3. ECC Dolgulu kağıtların sem görüntüsü (%5, 10, 15, 20, 25 ve 30)	46
Şekil 4.4. GCC Dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri	48
Şekil 4.5. GCC Dolgulu kağıtların optik özellikleri	53
Şekil 4.6. GCC Dolgulu kağıtların SEM görüntüsü (%5, 10, 15, 20, 25 ve 30)	59
Şekil 4.7. PCC Dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri	61
Şekil 4.8. PCC Dolgulu kağıtların optik özellikleri	66
Şekil 4.9. PCC Dolgulu Kağıtların SEM Görüntüsü (%5, 10, 15, 20, 25 ve 30)	72
Şekil 5.1. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri	74
Şekil 5.2. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların optik özellikleri	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dört farklı atık kağıt kategorisi için uygulanan prosesler ve üretilen kağıt çeşitleri.....	3
Çizelge 1.2. Türkiye kağıt üretimi ve kağıt sınıfları.....	5
Çizelge 1.3. Türkiye kağıt tüketimi ve kağıt sınıfları.....	6
Çizelge 1.4. Dünya kağıt üretim miktarı ve kağıt sınıfları	7
Çizelge 1.5. Dünya kağıt ve ürünleri tüketiminde büyük pazarlar	8
Çizelge 1.6. Mürekkep cinsleri ve ortalama partikül boyutları.....	10
Çizelge 1.7. Yumurta kabuğunun kimyasal bileşimi.....	16
Çizelge 1.8. Türkiye’de kişi başına yumurta üretimi.....	17
Çizelge 1.9. Türkiye yumurta üretimi ve ihracatı	18
Çizelge 3.1. Mürekkebi giderilmiş atık ofis kağıtlarına uygulanan alkali ekstraksiyonu koşulları	25
Çizelge 3.2. Yazı tabı kağıtlarına uygulanan fiziksel ve optik test standartları.....	30
Çizelge 4.1. Alkali ekstraksiyonu sonucu elde edilen kağıtların optik özellikleri.....	33
Çizelge 4.2. ECC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri.....	34
Çizelge 4.3. ECC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	36
Çizelge 4.4. ECC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	37
Çizelge 4.5. ECC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	38
Çizelge 4.6. ECC Dolgulu test kağıtlarının optik özellikleri.....	39
Çizelge 4.7. ECC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.8. ECC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.9. ECC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	43
Çizelge 4.10. ECC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.11. GCC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri	47
Çizelge 4.12. GCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.13. GCC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.14. GCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	52

Çizelge 4.15. GCC Dolgulu test kağıtlarının optik özellikleri.....	53
Çizelge 4.16. GCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	54
Çizelge 4.17. GCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.18. GCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	56
Çizelge 4.19. GCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	57
Çizelge 4.20. PCC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri.....	60
Çizelge 4.21. PCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	62
Çizelge 4.22. PCC oranlarının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	63
Çizelge 4.23. PCC oranlarının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.24. PCC Dolgulu Test Kağıtlarının Optik Özellikleri.....	66
Çizelge 4.25. PCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	67
Çizelge 4.26. PCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	68
Çizelge 4.27. PCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	69
Çizelge 4.28. PCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	70
Çizelge 5.1. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların fiziksel özelliklerinin test sonuçları.	73
Çizelge 5.2. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların optik özelliklerin test sonuçları.....	74

SİMGE VE KISALTMALAR

ASTM : American Society for Testing and Materials

SEKA : Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

DIN : Almanya Standardizasyon Kuruluşu

ISO/DIS: Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu

INGEDE: International Association of The Deinking Industry

CIE : Uluslararası Aydınlatma Komitesi

TAPPI : Avrupa Standardizasyon Kuruluşu

CMYK : Cyan, Magenta, Sarı, Siyah renklerinin kısaltılmış uluslararası gösterimi.

pH : Hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması

kP : Kilopaskal

g : Gram

gr. : Gramaj

m : Metre

cm : Santimetre

mm : Milimetre

cm³ : Santimetreküp

m² : Metrekare

mN : Milinewton

KN : Kilonewton

SR° : Shopper reigler (serbestlik derecesi)

1 GİRİŞ

Kağıt-karton endüstrisi genellikle odun, yıllık bitki ve atık kağıtlar hammadde ihtiyacını tedarik etmesi ile kimyasal, yarı kimyasal ve mekanik yöntemlerle elde edilen hamurların dövme, kesme, saçaklandırma, temizleme ve ağartma gibi işlemlerden geçirilerek kağıt katkı kimyasalların ilave edilmesinin ardından elek üzerinde safihanın meydana getirilmesi, kurutulması ve bunun isteğe uygun ebatta kesilmesi işlemlerini kapsamaktadır (Anonim, 2014).

Geri dönüşüm döngüsünde atık kağıtlar hammadde olarak bilinmektedir. Kullanım yerine göre kullanım ihtiyacını karşılayarak atılan tüm kağıt çeşitleri ve kartonlar, atık kağıt olarak nitelendirilmektedir. Gazete matbaalarından çıkan hatalı gazete baskıları ve baskı fazlası gazete kağıtları da atık kağıtlar olarak bilinmektedir. Fakat temizlik amaçlı üretilen emici kağıtlar sağlık ve hijyen nedenlerinden ötürü geri dönüşümü yapılmadığı için atık kağıt olarak kabul edilemezler (Bajpai, 2014).

Kağıt sanayisinde oldukça fazla endüstriyel hammadde kullanılmaktadır. Endüstriyel hammaddeler dolgu ve kaplama mineralleri olmak üzere iki farklı amaç için kullanılmaktadır. Bazı mineraller yalnızca dolgu ya da kaplama için kullanılırken, bazıları da her iki alana uygun olarak kullanılabilir. Üretimi yapılan kağıt türüne göre ortalama %25 oranında dolgu mineralleri kullanılmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Özellikle 20. yüzyıldan itibaren çok renkli ofset baskı tekniğinin yaygın bir şekilde kullanılması ile yüksek beyazlık ve opaklığa sahip kağıda olan ihtiyaç giderek artmıştır. Bu ise kağıda yüksek beyazlık vererek baskı kalitesini iyileştiren dolgu ve kaplama pigmenti olarak kalsiyum karbonatın kullanımını gündeme getirmiştir. Kağıt kalitesinin iyileştirilmesi için sektörden gelen talepler doğrultusunda dolgu ve kaplama pigmenti üreticileri, kaolin yerine oldukça fazla miktarlarda artan kalsiyum karbonat üretimine yönelmiştir. Asit ortamda kağıt üretimi yerini alkali bazik kağıt (alkaline paper) üretimine bırakarak dolgu pigmentleri tüm ülkelerde yaklaşık %50 ilave oranıyla kağıt içerisine katılmakta, özellikle Avrupa'da, geçen son 25 yılda kalsiyum karbonat kağıdın kalitesini iyileştiren değerli bir hammadde konumuna gelmiştir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Yumurta yapısında protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve çeşitli iz elementleri içeren değerli bir gıda kaynağıdır. Morfolojik olarak tavuk yumurtası dıştan içeriye doğru başlıca yumurta kabuğu, yumurta akı ve yumurta sarısı olmak üzere üç bölümden oluşur.

Yumurtanın ağırlığının yaklaşık % 11'ini yumurta kabuğu ve zarları, % 32'sini yumurta sarısı ve % 57'sini ise yumurta akı ve şalazları meydana getirir. Yumurta kabuğundaki renk ait olduğu hayvana göre değişim gösterir. Yumurtanın bileşimi ile yumurta kabuğunun rengi arasında hiçbir bağlantı ilişkilendirilmektedir (URL-1).

Yumurtanın boyutuna göre %7.8-13.6'sını yumurta kabuğu meydana getirmektedir. Yumurta kabuğunun kimyasal yapısı incelendiğinde % 93.7'sini kalsiyum karbonat, %1'ini magnezyum karbonat, %1'ini kalsiyum fosfat, %3.3'ünü organik maddeler ve %0.1'ini ise su oluşturmaktadır (URL-1).

1.1 Atık Kağıt

Her hangi bir kullanım alanında işlevini tamamlayan ve atılan her türlü kağıt, karton ve mukavvalara atık kağıt denilmektedir. Bununla birlikte gazete basım matbaalarından çıkan hatalı gazete baskıları ve baskı fazlası gazete kağıtları ile hatalı kitap baskısı kağıtları ve matbaa artıkları da atık kağıt olarak isimlendirilir (Bajpai, 2014).

1.2 Atık Kağıtların Sınıflandırılması

Sürekli olarak, benzer türdeki kağıtların aynı anda geri dönüşüm işlemlerinin yapılması ile geri kazanılan selüloz liflerinin kalitesinin yükseldiği ve dönüşüm prosesindeki verimin arttığı kabul edilmektedir. Bu nedenle, aynı özellikteki kağıtların birlikte, büyük miktarlar halinde tesislerde işlenebilmesi için, atık kağıt ürünlerinin ilk toplanma partisinde veya geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması esnasında özelliklerine göre sınıflandırılması ve aynı sınıf kağıtların birlikte geri dönüşümlerinin yapılması, başarılı bir prosesin gerçekleştirilmesi için önemlidir (Thomson, 1992).

Atık kağıt grupları genel bir sınıflandırma grubu içerisinde 4 ana başlık olarak ayrılmıştır (İmamoğlu, 2002).

Çizelge 1.1. Dört farklı atık kağıt kategorisi için uygulanan prosesler ve üretilen kağıt çeşitleri (İmamoğlu, 2002)

Atık Kağıt Grubu	İşlemler	Kullanım Yerleri
Beyaz Ofis Kağıtları	Hamurlaştırma→Temizlik→Mürekkep Giderme→Dispersiyon→Ağartma	Yazı ve Baskı Kağıdı, Temizlik Kağıdı, Beyaz Karton
Karışık Atık Kağıtlar	Hamurlaştırma→Kaba Eleme→Temizlik	Gri Karton Üretimi, Kalıp Kartonları, Viyol Üretimi
Eski Oluklu Mukavva Kağıtları	Hamurlaştırma→Temizlik→Fraksiyonlama→Dispersiyon	Oluklu Mukavva Örtü Kağıdı, Torba Kağıdı
Eski Gazete ve Dergi Kağıtları	Hamurlaştırma→Temizlik→Mürekkep→Giderme→Dispersiyon	Gazete Kağıdı, Dergi Kağıdı

Ülkeler kendi şartlarına göre topladıkları atık kağıtları bir çok kalite sınıflarına ayırmıştır. Örneğin CEPAC (Confederation of the European Paper Industry) 4 ana grup ve bunlara bağlı 49 alt grup olarak ayırırken, Almanya 4 ana grup ve 40 alt grup, Japonya 9 ana grup ve 26 alt grup, İngiltere ise 11 ana grup ve 68 alt grup olarak sınıflandırmışlardır. Ülkemizde ise TSE Kurumu tarafından 1989 yılında 4 ana grup ve 11 alt grup olarak sınıflandırılmasına rağmen bu sınıflandırma kağıt ve karton sektörü tarafından tam olarak benimsenememiştir (İmamoğlu, 2002).

1.3 Atık Kağıtların Kağıt Endüstrisinde Kullanım Avantajları ve Dezavantajları

Kağıt endüstrisinin kuruluşundan bu yana ilk hammadde kaynağı ormanlardan sağlanmaktadır. Ancak günümüz şartları orman alanlarımızın kısıtlı olması ve ormanlarımızdan elde edilen hammadde kaynağı kağıt endüstrisinde yüksek maliyete sebep olmaktadır. Buna ciddi anlamda çözüm kaynağı olan atık kağıtların kağıt endüstrisinde kullanımı, hem kağıt sektöründeki hammadde sıkıntısını, hem de hammaddenin maliyetini düşürmektedir (Özdemir, 2006).

Atık kağıtların kağıt endüstrisinde kullanım avantajları şu şekilde sıralanmaktadır;

- Hammadde olarak ormana bağımlı değildir.
- Odun fiyatlarındaki değişimler birim maliyeti etkilemez.
- Bir atık kağıt 5-6 kez geri dönüşüm işlemlerine maruz kalabilir.

- Atık kağıdın liflendirilmesi, temizlenmesi, ağartılması ve kağıt hamuru oluşturulması odundan kağıt hamuru üretimine göre daha az kimyasal madde ve enerji harcanarak gerçekleştirilir.
- Mürekkebi giderilmiş kağıt hamuru baskı kağıtları üretimine daha uygundur.
- Atık kağıtların geri dönüştürülmesi belediyelerin katı atık sorunlarını önemli ölçüde azaltmakla birlikte milli ekonomiye katkı sağlamaktadır.
- Orman kaynakları daha iyi muhafaza edilmektedir. 1 ton atık kağıdın geri dönüşüme sağlanması ile orta gelişkinlikte 17 ağaç kesimine ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Atık kağıtlardan oluşturulan yeni kağıt sayfaları yüzeyi daha düzgün formasyonu daha ılımlı ve opaklığı daha yüksektir. Bundan dolayı yumuşak dokulu ve ince kağıtların yapımına daha uygun görülmektedir.
- Atık kağıt gibi geri dönüştürülebilen maddelerin toplanması ile 50 den fazla ülkede 1-5 milyon insan metal, plastik ve kağıt toplama işlerinde çalışmakta ve yüksek miktarda gelir elde etmektedir.
- Atık kağıtların kağıt endüstrisinde yeniden kullanılması ile odundan kağıt hamuru üretimine göre çevrenin daha az kirlendiği görülmektedir. Su tüketimi %60, atık sudaki biyolojik oksijen isteği (BOI) %50, süspansiyon halindeki madde miktarı (SHM) %25, toplam kimyasal madde miktarı ise %40 azalmaktadır (Özdemir, 2006).

Atık kağıtların dezavantajları ise aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- Kullanılmış atık kağıtların temin edilme zorluğu
- Atık kağıt içerisinde istenmeyen maddelerin görülmesi
- Geri dönüşüm sisteminde artık kimyasalların giderek artması
- Liflerin direnç özelliklerinin giderek azalması
- Enerji ve kimyasal giderlerinin fiyatlarındaki yükselişin maliyete yansması (Şahin, 2016).

1.4 Türkiye’de Kağıt Üretimi ve Tüketimi

Ülkemizde 1936 yılında kurulmuş olan kağıt endüstrisi, 1980’li yıllara kadar yurtiçi kağıt talebini karşılama amacı doğrultusunda faaliyet göstermiştir. 1963-79 yılları Türk kağıt endüstrisi için tam bir büyüme ve gelişme dönemini olmuştur. Uzun yıllar dış

rekabet ile bağlantısız olarak gelişen kağıt endüstrisi, Avrupa Birliği (AB) ile Türkiye arasındaki gümrük duvarlarının kaldırılması ile yeni bir döneme adım atmıştır (Şengül, 2010; Erentürk, 2014).

Türkiye’de kağıt üretimi selüloz ithal edilerek ve atık kağıtların geri dönüştürülmesiyle yapılmaktadır. SEKA (Selüloz ve Kağıt Fabrikaları), özelleştirilmeden önce hammadde temin eden tek kuruluş niteliğini taşımaktaydı. SEKA özelleştirildikten sonra bu endüstrinin temel hammadde kaynakları, selüloz ithalatı ve atık kağıtların geri dönüştürülmesi olmuştur (Şengül, 2010; Erentürk, 2014).

Çizelge 1.2’de Türkiye’nin sınıflandırılan kağıt ürünleri 2009 yılı itibari ile 2015 yılı da dahil olmak üzere üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye kağıt üretimi ve kağıt sınıfları (Tutuş, 2016; Anonim, 2016a)

Kağıt Ürünleri	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Yazı-Tabı Kağıdı	309.163	316.391	301.300	277.552	257.000	344.414	345.275
Gazete Kağıdı	-	-	-	2.202	836	-	-
Sargılık ve AmbalajKağıt	22.500	39.000	31.000	29.000	29.000	684.827	676.000
Temizlik Kağıtları	369.265	371.231	461.936	525.043	568.861	226.316	227.881
Kraft Torba Kağıdı	52.574	73.600	70.278	75.888	54.081	313.650	261.259
Oluklu Mukavva Kağıdı	1.125.833	1.229.596	1.393.832	1.482.512	1.609.215	1.842.447	2.249.500
Kartonlar	410.973	503.078	563.980	534.235	568.407	2.186.310	2.920.011
Sigara İnce Kağıtlar	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Toplam	2.295.308	2.611.496	2.827.326	2.931.432	5.317.912	5.602.964	6.679.926

Türkiye’de kağıt üretimi 2009 yılında 2.295.308 ton iken 2012 yılında 2.931.432 tona ulaşmıştır, Bunu takiben geçen üç yılda ciddi artışlar görülmüş ve 2015 yılında kağıt üretimi 6.684.926 tona yükselmiştir. Kağıt ürünlerinde birinci sırada oluklu mukavva kağıdı ve kartonlar yer alırken, ikinci sırada yazı tabı kağıdı üretiminde artış gözlemlenmektedir.

Türkiye’nin kağıt tüketimi 2008 yılı haricinde sürekli bir artış eğilimi göstermiştir. Türkiye 2013 yılında 5.7 milyon tona ulaşarak en fazla kağıt tüketen dokuzuncu ülke olmuştur. Oluklu mukavva kağıt ürünleri sektörünün en çok tüketilen ürünüdür. Türkiye’de 2013 yılında 2.3 milyon ton oluklu mukavva tüketilmiştir. Toplam tüketim

oranının %21'i yazı tabı kağıdı ve %18'ini kartonlar oluşturmuştur. Temizlik kağıtları tüketimi 2007-2013 arasında yıllık bazda % 9.3 oranında artış göstermiş ve 402 bin tona ulaşmıştır. Gazete ve kraft torba kağıdı pazarı ise son yıllarda azalmaktadır (URL-2).

Türkiye kağıt sektöründeki arz açığını ithalat ile kapatmaktadır. 2013 yılında ülke içerisindeki kağıt tüketimi üretimin 1.8 katı olmuştur. Ürün bakımından değerlendirildiğinde temizlik kağıtları hariç, diğer bütün kağıt ürünlerinin iç talebi karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Türkiye'nin miktar olarak dış piyasalardan en fazla arz ettiği ürün yazı tabı kağıdıdır. Üretim kapasitesinin artmasıyla birlikte oluklu mukavvada ithal ürünlerinin payı oldukça azalmaktadır. Türkiye gazete kağıdın da tamamen dışa bağımlıdır (URL-2).

Çizelge 1.3'te Türkiye'nin kağıt tüketimi kağıt ürünleri sınıflarına ayrılarak 2012 yılından itibaren 2015 yılını kapsam üzere tüketim miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Türkiye kağıt tüketimi ve kağıt sınıfları (Anonim, 2016a)

Yıllar	2012	2013	2014	2015
Kağıt-karton üretimi (ton)	5.253.000	5.368.912	5.607.964	6.689.926
Kağıt hamuru üretimi (ton)	63.500	63.475	61.676	109.000
Kağıt-karton tüketimi (ton)	7.934.868	8.180.371	8.679.734	10.513.073
Yazı tabı kağıdı tüketimi (ton)	1.156.349	1.204.143	1.325.154	1.401.021
Kişi başına kağıt tüketimi (kg)	107.22	108.57	110	133.51

Türkiye'de kağıt karton tüketimi 2012 yılında 7.934.868 ton iken 2013 yılında 8.180.37 ton ve 2015 yılında ise 10.513.073 tonu ulaşmıştır. Çizelge 1.3' görüldüğü gibi ülkemizin kağıt tüketim miktarı üretim miktarından oldukça fazladır. Ayrıca her geçen yılda kişi başına düşen kağıt tüketimi yükselmektedir.

1.5 Dünya'da Kağıt Üretimi ve Tüketimi

Kağıt tüketimi bir ülkenin sosyal, kültürel ve endüstriyel gelişmişliği bakımından büyük önem taşır. Günümüzde, kağıt ve karton tüketimi bir gelişme faktörü olarak kabul görmeye başlamıştır. Dünya genelinde, 1990 yılında 160 milyon ton olan kağıt hamuru üretimi, 2008 yılı verilerine göre 379 milyon tonu aşmıştır. Bu miktar her yıl yaklaşık olarak % 3.6 oranında yükselmektedir (Anonim, 2009; Bozkurt, 2012).

2013 yılının başlaması ile dünya kağıt üretim kapasitesi kağıt hamuru için 152.8 milyon tona, kağıt ve ürünleri içinde 274 milyon tona ulaşmıştır. Kağıt ürünleri kapasitesi

içerisinde ambalaj ve etiket kağıtları 138.6 milyon ton olarak üretim kapasitesinin en yüksek alt sektörüdür. Yazı ve baskı kağıtları 76.9 milyon ton üretim kapasitesi ile ikinci sırayı teşkil etmektedir. Gazete kağıdı 24.9 milyon ton, ev ve temizlik kağıdı 22.1 milyon ton olarak üretim kapasitesinde yer almaktadır (URL-3).

Çizelge 1.4’de Dünya kağıt ürünleri sınıflandırılarak 2008 yılı itibariyle 2013 yılını kapsamak üzere kağıt üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.4. Dünya kağıt üretim miktarı ve kağıt sınıfları (FAOSTAT, 2014) (Bin Ton)

Kağıt ürünleri	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kağıt hamuru	151.410	148.690	150.427	151.344	152.678	153.878
Kağıt ve ürünleri	262.140	251.125	258.420	262.880	263.724	265.202
Gazete kağıdı	32.124	30.320	29.880	28.866	28.125	27.452
Yazı ve baskı kağıdı	95.916	89.539	91.846	92.020	92.143	91.343
Ev ve temizlik kağıdı	21.124	20.615	20.346	20.412	20.220	20.037
Ambalaj ve etiket kağıdı	104.856	102.961	108.536	114.038	115.791	119.059
Diğer kağıt ve karton ürün.	8.120	7.690	7.812	7.544	7.445	7.311

Dünya kağıt üretim miktarı ve kağıt sınıfları yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi 6 gruba ayrılmıştır. Kağıt ürünleri grubu içerisinde kağıt hamuru miktarı 2009 yılındaki düşüştüen sonra diğer yıllarda artış göstererek 2013 yılında üretim miktarı 153.878 tonu bulmuştur. Yazı ve baskı kağıtları 2008 yılında 95.916 iken diğer yıllarda üretimde azalmalar görülmüş ve 2013 yılında 91.343 ton ulaşmıştır.

Dünya kağıt ve ürünleri tüketiminde pazarın ilk basamağında Çin yer almaktadır. Çin için sunulan veriler geçicidir. 2013 yılında Çin’in 89 milyon ton kağıt tükettiği tahmin edilmektedir. Pazarda yer alan ikinci büyük ülke ABD’dir. ABD’de tüketim yıllar itibariyle azalış gösterirken, 2013 yılında 68.8 milyon ton olduğu bilinmektedir. En büyük pazarları Almanya, İtalya, İngiltere, Fransa, Çin ve ABD gibi ülkeler oluşturmaktadır (URL-3).

Çizelge 1.5’de Dünya kağıt ve ürünleri tüketiminde büyük pazarlar 2009 yılı itibariyle 2013 yılı, ülkeler baz alınarak tüketim miktarları verilmiştir.

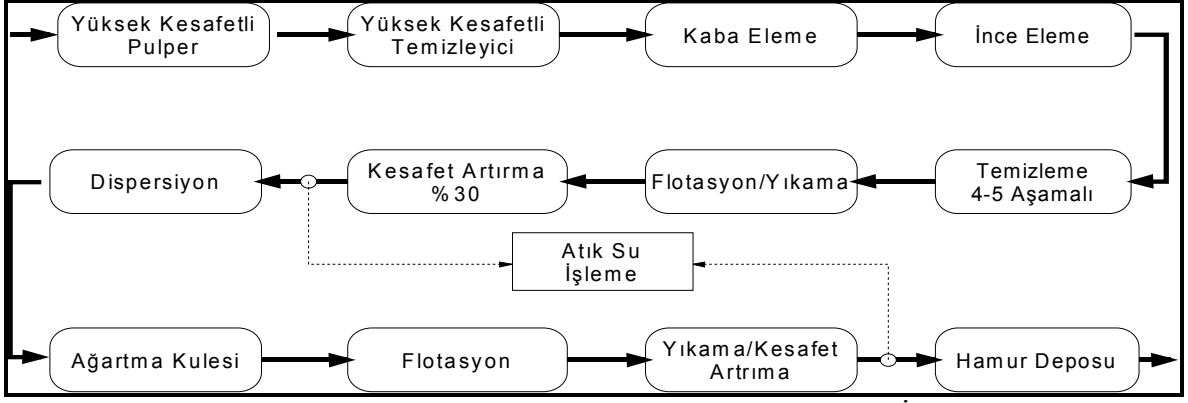
Çizelge 1.5. Dünya kağıt ve ürünleri tüketiminde büyük pazarlar (FAOSTAT, 2014) (Bin Ton)

Ülke	2009	2010	2011	2012	2013
Çin	76.000	79.000	83.000	86.000	89.000
ABD	72.498	77.328	74.272	68.483	68.843
Almanya	18.494	19.959	20.255	20.070	19.898
İtalya	9.859	11.139	11.080	10.210	9.920
İngiltere	10.416	10.628	10.255	9.268	9.150
Fransa	9.298	9.771	9.515	9.056	8.787
Rusya	5.742	4.521	6.642	6.643	6.431
İspanya	6.742	7.766	6.544	6.132	6.091
Türkiye	4.325	5.060	5.174	5.343	5.658
Kanada	5.945	5.938	5.449	5.494	5.404
Polonya	4.407	4.808	4.922	4.929	5.201
Hollanda	3.525	3.625	3.138	3.389	3.380
Belçika	2.767	2.521	2.813	2.858	2.808
Avusturya	1.951	2.300	2.281	2.276	2.247
İsveç	1.932	23.215	1.700	2.328	1.528

Dünya kağıt tüketimi 2013 yılında Rusya 7. büyük, İspanya 8. büyük ve Türkiye 5.7 milyon ton tüketimi ile 9. büyük tüketim pazarını oluşturmuştur. Polonya, Belçika, Avusturya, Kanada, Hollanda ve İsveç gibi ülkeler diğer büyük pazar da yer almaktadır (URL-3).

1.6 Atık Ofis Kağıtlarından Kağıt Hamuru Üretimi

Yaygın bir şekilde işyerleri ve okullarda kullanılan fotokopi, defter, baskı kağıtları gibi veya matbaa ve kesim tesislerindeki mekanik hamur içeriği düşük beyaz kağıt içerikli atık yada artıkları, yüksek optik özelliklerinin istendiği temizlik ve yazı tabı kağıdı üretiminde ihtiyaç duyulan sekonder lif kaynaklarıdır. Şekil 1.1'de atık ofis kağıtlarının geri dönüştürüldüğü basit bir sistem şematik olarak gösterilmiştir (Estes ve Spankgenberg, 1993). Şematik gösterime göre kurulan sistem altı bölümden oluşmaktadır. Sistemin pulper içerisinde atık kağıtların hamurlaştırılması, temizlik ve eleme işlemleri, flotasyon işlemi, kesafet artırma, dispersiyon ve kulede ağartma gibi bölümleri bulunmaktadır (İmamoğlu, 2002).



Şekil 1.1. Atık ofis kağıtlarına uygulanan örnek bir proses dizaynı (İmamoğlu, 2002)

1.6.1 Atık kağıtların pulperde hamurlaştırılması

Pulperler atık kağıdı sulu ortamda tekrar kağıt hamuru haline getirmek için tasarlanmış özel bıçakları olan karıştırıcılardır. Pulperde elyaf açmanın amacı kuru olan elyaf kümelerini ıslatarak ve parçalayarak, elyafı tanelerine ayırmak ve onları pompalarla basılabilecek duruma getirmektedir. Böylece elde edilen elyaf süspansiyonu kolayca eleklerden ve siklonlardan temizlenebilir (Karıncaoğlu, 2010).

Pulperin hamurlaştırmadan başka bir diğer görevi de, atık kağıttaki kirliliklerin büyük bir kısmını üretime sokmadan sistemden uzaklaştırmaktır. Pulperin içerisinde bir bıçak ve altında süzgeç delikleri vardır. Bu durumdaki pulper bir kıyma makinası gibi sistemiyle çalışarak atık kağıtları parçalar ve alttaki süzgeçlerden geçebilecek ebata getirir. Parçalanmayan atık kağıtlar alt süzgeçten geçemeyeceğinden parçalanıncaya kadar pulper içerisinde kalır (Karıncaoğlu, 2010).

Atık kağıtlarda pulper içerisindeki hamurlaştırma işlemi sıcak olarak yapılır. Elyaf açılmasının zor olduğu durumlarda pulperdeki hamur sıcaklığı 75 °C'nin üzerine kadar çıkartılır. Hamurlaştırmanın güç olduğu durumlarda, ise asit ve baz türü çeşitli kimyasallar parçalanmaya yardımcı olarak kullanılır (Karıncaoğlu, 2010).

Pulper içerisine atılan atık kağıtların içinde yabancı maddeler bulunur. Atık kağıt pulper içinde hamur haline getirilir. Hamur içerisindeki yabancı maddeleri, yoğunluğu hamurdan yüksek olanlar ve yoğunluğu hamurdan düşük olanlar üzere ikiye ayırmak gerekir. Her iki tür yabancı maddelerin temizlenmesinde çeşitli aşamalarda farklı temizleme işlemi yapılır. Böylece iyi bir hamurun hazırlanması ve sonuçta kaliteli bir kağıdın üretilmesi için atık kağıtların pulper içerisinde temizlenmesi gereklidir (Karıncaoğlu, 2010).

1.6.2 Temizlik ve eleme işlemleri

Atık kağıtların geri dönüşümündeki bu aşamanın amacı temiz hamur içerisindeki liflerden katı pisliklerin dışarı atılmasıdır. Bu pislikler; lif demeti, lif topağı kazan taşı, balyalardan gelen pislikler, kum, toz, balya teli, su borularından meydana gelen pas, lastik, plastik gibi kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kağıt içerisindeki lekeler ve beneklenmelere bu tür pislikler sebebiyet teşkil etmektedir (Eroğlu, 2004).

Kağıt hamurunun temizlenmesi için içerisinde bulunan yabancı maddelerin şekil, boyut ve yoğunluk açısından liflerden farklı olması nedeniyle ayrıştırılabilmektedir. Bu yüzden gözenekli veya yarıklı levhaları mevcut olan eleklerle yerçekimi ve santrifüj kuvveti yardımıyla çalışan aparatlar kullanılmaktadır. Elemanın başlıca iki ana sebebi vardır (Eroğlu, 2004).

- Lifleri yabancı maddelerden ayrıştırırken en az lif kaybı ile ayırmak
- Düzgün bir kağıt yüzeyi elde edebilmek için liflerin düzenli dağılımını sağlamak

1.6.3 Mürekkep giderme (flotasyon)

Atık kağıtların geri dönüşüm aşamalarında mürekkep gidermenin asıl amacı; istenen beyazlıkta kağıt üretilmesidir ki bu da 40 µm'dan büyük mürekkep parçacıklarının hamur çözeltisinden tamamen uzaklaştırılması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Beyazlığın istenen değerlere ulaştırılabilmesi için 40 µm'dan daha küçük parçacıkların da ortamdan uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Ancak bu işlem yapılırken prosesin ekonomik ayarı kurulmalı, kullanılan kimyasal maddeler ve tüketilen enerji miktarı göz önüne alınarak, elde edilecek hamurun maliyeti diğer hammaddelerle karşılaştırılmalıdır. Aşağıdaki Çizelge 1.6'da kağıtların üzerindeki baskı çeşitlerine göre mürekkep cinsleri ve ortalama partikül boyutları verilmektedir (Dalkılıç, 2012).

Çizelge 1.6. Mürekkep cinsleri ve ortalama partikül boyutları (Dalkılıç, 2012)

Mürekkep Cinsi	Ortalama Partikül Boyutu
UV ile sabitlenenler	40-400
Ofset baskı mürekkepleri	0.5-10
Flesko baskı mürekkepleri	1
Lazer baskı (Tip 1)	10-100
Lazer baskı (Tip 2)	100+
Fotokopi	100+

Mürekkep giderme işleminin ilk aşaması pulperde gerçekleşir, bu bölümde mürekkep liften daha sonraki temizleme aşamaları için uygun şekil ve boyutta

uzaklaştırılmalı ve tekrar elyafın üzerine yapışması önlenmelidir. Bunun sağlanması da ancak özel kimyasal maddelerin ilave edilmesi ile gerçekleştirilir. Bu kimyasallar; sudkostik (NaOH), hidrojen peroksit, sodyum silikat, şelat yapıcı maddeler ve yüzey aktif maddelerdir (Dalkılıç, 2012).

Sudkostik: Ortamın pH'sını yükselterek mürekkepteki bağlayıcıları yumuşatıp sabunlaştırarak pigmentin açığa çıkmasını sağlar.

Hidrojen peroksit: Süreç içerisinde bulunan hamur çözeltisinin beyazlığını yükseltmek için kullanılır.

Sodyum silikat: hamurlu çözelti içerisinde bulunan mürekkebi yumuşatır, stabilizatör görevi yapar ve deterjan özelliği göstererek çözeltinin köpürmesine yardımcı olur (Dalkılıç, 2012).

1.6.4 Kesafet artırma işlemi

Kesafet artırma kağıt hamuru içerisindeki büyük miktardaki proses suyunun ekipmanlarla fiziksel olarak uzaklaştırılması işlemidir. Diğer bir deyişle katı ve sıvı fazları ayırma işlemidir. Bu sayede, dispersiyon ve ağartma işlemleri için gerekli hamur kesafetinin sağlanması, kirli proses suyunun ortamdan uzaklaştırılması ve temizlenerek tekrar kullanılması gerçekleştirilirken, diğer yandan elde edilen hamurun daha az hacim kaplaması sebebiyle depolama ve taşıma işlemlerinin daha ekonomik olarak gerçekleştirilmesi mümkün hale getirilebilmektedir (Kıllı, 2015).

Kağıt hamurunda verimli bir şekilde kesafet artırmak için ilk önce giren hamurun kesafetine, serbestlik durumuna, sıcaklığına ve bileşimine bağlı bulunmaktadır. Buna ilaveten kesafet artırmanın diğer etmenlerini yer çekimi, santifüj kuvveti, vakum etkisi ve mekanik pres oluşturmaktadır. Kesafet artırmak için genel olarak kullanılan sistemler, tamburlu, diskli ve vidalı preslerdir (Kıllı, 2015).

1.6.5 Dispersiyon (elyafları dağıtma) işlemi

Dispersiyon işlemi, atık kağıt hamuru içerisindeki mürekkep veya diğer kirlilik verici maddelerin boyutlarını küçültme ve hamur içerisinde homojen dağılımlarını sağlama işlemidir. Bu sayede hamur içerisindeki kirlilik verici maddeler uzaklaştırılmaya gerek kalmadan gözle görülemeyecek boyutlarda hamur içerisine homojenize edilerek, hem elde edilecek kağıdın görünümü iyileştirilmiş olur hem de kağıt üretimi sırasında bu kirliliklerden dolayı ortaya çıkabilecek problemleri azaltılmış olur (Kıllı, 2015).

Dispersiyon işlemi harman yapısına ve üründen beklentiye göre hamurun dağıtılmasındaki amaçlar şunlardır;

- Hamur içindeki kirlilikleri gözle fark edilemeyecek kadar küçültmek
- Yapışkanların büyüklüğünü azaltmak
- Kullanılmış kâğıttaki kaplama ve tutkal parçacıklarını elyaftan sökmek
- Mürekkep parçacıklarını elyaftan ayırmak
- Elyaf kümelenmelerini dağıtmak
- Hamuru mekanik ve kimyasal olarak işlemek
- Hamurdaki mikro organizmaları öldürmek (Andaç, 2012)

Hamur içerisindeki elyafları ve kirlilikleri dağıtma işlemi yalnızca atık kağıtların geri dönüşümünde ortaya çıkar. Üretim aşaması olarak, katı madde oranının artırıldığı (%25 %35) bir alana disperger oluşturulur. Hamur içerisinde ihtiva eden kirliliklere ve elyaf kümelerine yüksek derecede kesme kuvveti uygulayarak dağılmalarını sağlar. Hamur içerisindeki parçaları birbirine bağlayan kuvvete nazaran kesme kuvvetinin daha yüksek olması gerekir. Bu yüzden hamur içerisindeki katı madde oranı %24 ile %30 aralığında tutularak, kesme kuvvetinin hamura daha fazla geçmesi sağlanır. Hamur içerisindeki sıcaklığın artması kirliliklerin ve elyafların bağlarının gevşemesini kolaylaştırır (Andaç, 2012).

1.6.6 Ağartma işlemi

Kağıt hamurunun ağartılması işleminin kısaca tanımı şu şekilde yapılabilir; Selülozik materyallerin kimyasal bir işlem uygulanarak beyazlatılmasıdır. Beyazlatma (ağartma) işlemi kağıt hamurunun değerini arttırıp, yazı ve baskı işlemleri için daha çekici hale getirmekle kalmayıp, aynı zamanda yabancı maddeleri ve lif demetlerin uzaklaştırarak kağıt hamurunu daha saf hale getirmektedir (Dalkılıç, 2012).

Kağıt hamurunun özelliklerini temel olarak onu meydana getiren selüloz. hemiselüloz ve ligninin özellikleri belirlemektedir. Bir karbonhidrat olan selüloz anhidroglüköz yapıtaşlarından oluşan bir doğrusal polimer olup. odun türlerine bağlı olarak yaklaşık %40-50 arasında bulunur. Selüloz temelde renksiz bir yapıya sahiptir ve ağartılma işlemine gereksinimi yoktur (Dalkılıç, 2012).

Kağıt hamurunun ağartılmasının temel amacı yukarıda da belirtildiği gibi kağıda yüksek oranda beyazlık verebilmek ve bunun yanında bazı ürünler için bu beyazlığın uzun ömürlü ve kağıt hamurunun mümkün olduğunca saf bir hale getirilmesini

sağlamaktır. Fakat bu amaçları gerçekleştirirken kağıdın direnç ve sağlamlık özellikleri olumsuz bir şekilde etkilenmemelidir (Dalkılıç, 2012).

Ağartma işlemi kağıt sanayisinin ekonomisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu nedenlerden dolayı müspette kağıtlar beyaz kağıtlara nazaran daha ucuz olmaktadır (Dalkılıç, 2012).

1.7 Kağıt Sektöründe Kullanılan Dolgu ve Kaplama Mineralleri

Kağıt üretim sektöründe birçok endüstriyel hammadde kullanılmaktadır. Kullanılan bu endüstriyel hammaddeler dolgu ve kaplama mineralleri olmak üzere iki ayrı amaçta kullanılmaktadır. Bazı mineraller yalnızca dolgu veya kaplamada kullanılırken bazıları da her iki alanda da kullanılabilir. Üretilen kağıtların türüne göre yaklaşık olarak kağıt içerisinde %25 oranında dolgu minerali bulunmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001);

Kağıt üretiminde kullanılan dolgu maddelerinin özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (Erkan ve Malayoğlu, 2001);

- Kağıdın opaklığını iyileştirmek
- Kağıdın boyutlarını stabil hale getirmek ve kağıt yüzeyinin yumuşaklığını artırmak
- Özellikle birinci kalite ağartılmış hamurlara katıldıklarında kağıdın beyazlığını arttırmak
- Lifler arasındaki boşlukları doldurmasıyla düzgün yüzey elde edilmesini ve böylece kağıdın baskıya uygun olmasını sağlamak
- Mürekkebin düşey bir şekilde yayılmasını sağlayarak baskı kalitesini iyileştirmek
- Kağıdın yıpranma özelliğini azaltmaktadır, özellikle de kalsit kullanılan kağıtlar asırlar boyunca niteliklerini kaybetmemektedir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

İdeal bir dolgu malzemesinden istenen özellikler; yüksek beyazlık, uygun kırılma indisi ve tane dağılımı, kağıt tarafından yüksek derecede tutulma, suda çözünmeme veya çok az çözünme, düşük yoğunluk, kimyasal yönden reaktif olmama, düşük aşındırma ve ucuz olmasıdır (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Kağıt Endüstrisinin dolgu maddesi olarak GCC, PCC ve ECC kullanılmaktadır.

- GCC (Doğal Kalsiyum Karbonat)
- PCC (Sentetik Kalsiyum Karbonat)
- ECC (Yumurta kabuklarından kalsiyum karbonat eldesi)

1.7.1 Ögütülmüş kalsiyum karbonat (GCC)

Kalsit bir mineral maddesi olarak bilinen ve karbonatlı kayalardan meydana gelen bir mineral olup CaCO_3 kimyasal formdadır. Farklı şekillerde kristal yapıda bulunan, camsı parlaklıkta, saydam renksiz bir görünüme sahiptir. Kolayca öğütülebilir ve beyaz renkli toz haline getirilebilir, sertliği Moh's skalaya göre 3. yoğunluğu ise $2.6-2.7 \text{ g/cm}^3$ civarındadır (Sargın, 2008).

Dünyada ticari olarak üretilen kalsit, (kalsiyum karbonat) oluşumları;

- Beyaz renkli, saf kireç taşları
- İri kristalli mermerler (Türkiye'de üretilen)
- Beyaz tebeşir oluşumları şeklinde olmaktadır (Sargın, 2008).

1.1.1.1 Ögütülmüş kalsiyum karbonatın (GCC) tüketim alanları

Karbonatlı kayalardan üretilen doğal kalsiyum karbonatın birçok kullanım alanları bulunmaktadır. Kalsiyum karbonatın kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir;

- Kağıt Sektörü
- Boya Sektörü
- İnşaat Sektörü: Sıva, macun, yer dolgusu üretimi
- Yapıştırıcılar
- Gıda ve yem sektörü
- Seramik Sektörü
- Halı Tabanı ve Muşamba (Sargın, 2008).

1.7.2 Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)

PCC (Precipitated Calcium Carbonate), kireçten kimyasal çöktürme yöntemi ile sentetik olarak üretilmekte olup, yüksek CaCO_3 içeriği, düşük safsızlık oranı, kristal yapısındaki çeşitlilik ve homojen tane boyut dağılımında üretilme imkanı ile diğer dolgu maddelerine göre birçok üstünlüğe sahiptir. PCC kullanım alanlarına göre farklı morfolojilerde üretilmektedir. İğne şekilli aragonit, yıldız şekilli skalanoedral, prizmatik ve rhomboedral en yaygın olan kristal şekilleridir (URL-4).

PCC'nin sahip olduğu bazı temel özelliklerinden dolayı mikronize öğütülmüş kalsiyum karbonat (GCC), kaolin, tebeşir ve mermer gibi minerallerden ayrı tutulmaktadır. Tebeşir, kaolin ve mermerin beyazlık yüzdelerinin düşük olmasının sebebi

yapısında değişen oranlarda renk verici safsızlıklar içermeleridir. (Koltka ve Sabah, 2012).

1.1.1.2 Çöktürölmüş kalsiyum karbonat üretimi (PCC)

Kalsit oluşumu (kireç taşları) birçok ölkede istenilen saflıkta ve beyazlıkta mevcut olmaktadır. Bu yüzden öncelikle ABD’de uygulanan yönteme göre silis miktarı az olan kireç taşları yakma işlemine tabi tutularak kalsine CaO elde edilir ve suyla karıştırılarak elde olunan kireç sütünden bir reaktör yardımı ile içerisine CO₂ gazı basınç altında (bazı kimyasallar eklenerek) sisteme verilerek tane büyüklüğü (1-3 mikron boyutlarında) ve kristal şekli kontrol edilebilen suni ve saf kalsit kristalleri oluşturulur.

Bu yöntem özellikle CO₂ gazının proseste elde edildiğı kağıt ve selöloz üretim tesislerinde uydu tesis olarak kurulmaktadır. Kağıt sektöründe gerek dolgu gerekse kuşe (kaplama) olarak kullanılan bu ürün kağıt fabrikalarının yakınında uzun vadeli anlaşmalar yapılarak kurulmaktadır. Maliyeti doğal olarak sulu öğütölmüş kalsite göre daha yüksek fakat standardı çok daha iyi olduğı için özellikle ABD’de yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa’da yeni tesislerin projesi hazırlanmaya başlanmıştır (Sargın, 2008).

1.8 Yumurta

Yumurta yapısında protein karbonhidrat, vitamin, yağ ve çeşitli iz elementleri içeren önemli bir besin kaynağıdır. Morfolojik olarak bir yumurta dış kısmından iç kısma doğru başlıca yumurta kabuğı, yumurta akı ve yumurta sarısı olmak üzere üç bölümden oluşur. Bir yumurtanın toplam ağırlığını yaklaşık olarak %11’ini yumurta kabuğı ve zarları,%57’sini de yumurta akı ve şalazları, %32’sini de yumurta sarısı teşkil etmektedir (URL-1).

1.8.1 Atık yumurta kabuğı

Yumurta kabuğunun rengi ait olduğı hayvana göre farklılık gösterir. Yumurtanın kabuk rengi ile bileşimi arasında bir ilgi bulunmamaktadır (URL-1). Yumurtanın büyüklüğüne göre %7.8 - 13.6’sını yumurta kabuğı oluşturur. Kabuk. mineral ve organik maddeler ile sudan ibaret olup %3 - 4 oranında bir protein ağı ve %95 - 96 oranında birikerek yerleşmiş inorganik tuzlardan oluşmuştur. Çizelge 1.7’de yumurta kabuğunun kimyasal bileşimi görölmektedir (URL-1).

Çizelge 1.7. Yumurta kabuğunun kimyasal bileşimi (URL-1)

Unsur	Miktar (%)
Kalsiyum Karbonat	93.7
Magnezyum Karbonat	1
Kalsiyum Fosfat	1
Organik Maddeler	3.3
Su	0.1

Yumurtayı dış etkenlerden koruyan yumurta kabuğu 0.2-0.4 mm kalınlığındadır ve oldukça sert bir yapıdadır. Kabuğun üzerinde bulunan gözenekler (porlar) rutubet ve gazı geçirir. Bu porların sayısı yaklaşık 7.000-17.000 arasında olmaktadır. Gözenekler yumurtanın uç kısımlarında, özellikle hava kamarasının bulunduğu tarafta yan yüzeylere göre daha fazla sayıda bulunur (URL-1).

En dışta kabuğun dış yüzeyini örten keratine benzer bir proteinden oluşan ve kütikula adı verilen bir zar vardır. Bu yumurtlama esnasında havanın etkisiyle yumurta yüzeyinde albüminin kurumasıyla oluşur. Elle yoklandığında kayganlık hissi verir. Zamanla kaybolup donuk bir manzara alır. Kütikül aynı zamanda porların üzerini de örttüğü için yumurtanın korunmasında etkin rol oynar. Kütikül tabakasından sonra süngerimsi tabaka ortaya çıkar. Kabuğun iç yüzünde süngerimsi tabakaya paralel, mamillar tabaka adı verilen bir tabaka daha vardır. Bu tabaka kalın yüzeye paralel dizilmiş kalsiyum zerreciklerinden oluşmuştur (URL-1).

1.8.2 Tavuk yumurtalarının kullanım alanları

Yumurta kabukları organik bir atık madde olup birçok alanda kullanılabilir. Atık yumurta kabuklarının kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir;

- Cilt sağlığı ve bakımında kullanılmaktadır.
- Yumurta kabukları çaydanlık, tencere, tava ve termos temizlemede kullanılmaktadır.
- Kalsiyum ve karbonat bakımından zengin olan yumurta kabukları toprağın kuvvetlenmesine yardımcı olur.
- Bitki fideleri yumurta kabuğunda yetiştirilebilmektedir.
- Bitkilerin böceklerden korumasına katkı sağlar (URL-5).

1.8.3. Türkiye’de yumurta üretimi, ihracatı ve ithalatı

Çizelge 1.8’de Türkiye’nin yumurta üretim miktarı ve kişi başına üretim adeti verilmiştir. Yumurta üretim miktarı ve kişi başına üretim adeti verileri 2000 ile 2016 yıllarda dahil olmak üzere nüfus miktarları ile çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 1.8. Türkiye’de kişi başına yumurta üretimi (Anonim, 2016b) (Milyon Adet)

Yıllar	Üretim	Nüfus (1000)	Kişi Başına Üretim (Adet)
2000	7.245	67.803	106
2001	8.194	68.838	116
2002	7.809	69.770	112
2003	9.192	70.692	130
2004	7.819	71.610	109
2005	8.397	72.520	115
2006	8.401	73.423	114
2007	10.515	70.587	149
2008	11.258	71.517	157
2009	11.920	72.561	164
2010	12.737	73.223	174
2011	13.980	74.224	188
2012	15.677	75.627	207
2013	16.700	76.707	218
2014	17.600	77.695	226
2015	17.200	78.741	218
2016	18.655	79.814	233

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi Türkiye’nin yumurta üretim miktarı 2000 yılında 7.245 iken, 2005’te 8.397. 2010 da 12.737 ve 2016 da ise 18.655 adet olduğu görülmektedir. Verilerden de anlaşıldığı gibi yumurta üretim miktarında ciddi bir artış görülmektedir. Bu artış nüfus sayısı ile doğru orantılı gibi görüle de tüketicilerin yumurtanın yüksek besin kaynağı olduğu konusunda bilinçlenmesi ve tüketim alanlarının artmasından dolayı Türkiye’de yumurta üretim miktarı artmış görülmektedir.

Çizelge 1.9’da Türkiye’nin yumurta üretimi ve ihracatı ve ihracatın üretimdeki payı yüzde olarak verilmiştir.

Çizelge 1.9. Türkiye yumurta üretimi ve ihracatı (Anonim, 2016b) (Milyon adet)

Yıllar	Üretim	İhracat	İhracatın Üretimdeki Payı(%)
2006	8.401	195	2.32
2007	10.515	786	7.48
2008	11.258	1.327	11.79
2009	11.920	1.142	9.58
2010	13.980	2.143	15.33
2011	14.000	3.588	25.63
2012	15.677	4.080	26.03
2013	16.707	4.522	27.07
2014	17.600	4.650	26.42
2015	17.200	3.520	20.47
2016	18.500	4.659	24.9

Yukarıdaki Çizelge 1.9'da görüldüğü gibi Türkiye yumurta üretimi 2006 yılında 8.401 adet iken 2013 yılında bu üretim iki katına çıkmış ve 2016'da ise 18.500 adet ile üretim miktarındaki en yüksek noktaya ulaşmıştır. Türkiye yumurta üretiminde her geçen yıl doğrusal bir artış gözlenmekte olup bu artış ihracat ile doğrusal bir bağlantı oluşmuştur. İhracat miktarının artmasıyla ihracatın üretimdeki yüzdelik payının da buna bağlı olarak arttığı gözlemlenmektedir.

Türkiye'de yumurta ihracatının üretimdeki yüzdelik payı Çizelge 1.9'da görüldüğü gibi her geçen yıl artış sergilemektedir. Bu artış 2006 yılında %2.32 iken, 2007 yılında %7.48'e ulaşmış ve 2013 yılında %27.07 ile maksimum değere ulaşmıştır. İhracatın üretimdeki yüzdelik payı 2015 yılında %20.47'ye düşmüş olmasına rağmen yumurta üretim miktarında doğrusal artış görülmektedir.

2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tutuş ve ark. (2015). “Atık Ofis Kağıtlarından Temizlik Kağıdı Üretimi” yapmış oldukları çalışmada atık ofis kağıtları kullanılmışlardır. INGEDE (International Association of The Deinking Industry) standartlarına bağlı kalarak hazırlamış oldukları ofis kağıtlarını sırasıyla hamur açma, temizleme, eleme, yoğurma, mürekkep giderme ve ağartma işlemlerine tabi tutmuşlardır. Bu işlemlerden geçirdikleri kağıt hamurdan ISO standartlarına bağlı kalarak temizlik kağıtlarını üretmiş ve bu kağıtların fiziksel ve optik özellikleri tespit etmişlerdir.

Karademir ve ark. (2013). “Kağıt Üretiminde CaCO₃ Dolgu Maddesinin Kimyasal Tutunması Üzerine Bir Araştırma” başlıklı makalede, uzun ve kısa beyaz elyaf kullanılmıştır. Bu araştırmanın birinci aşamasında, uzun polimer ve inorganik bir polielektrolitin, eski kağıt işleyen bir kağıt fabrikasının atık suyunu arıtma seviyeleri incelenmiştir. İkinci aşamada ise bu kimyasalların dolgu tutunmasına katkısı tek tek ve beraber araştırılmıştır. %60/40 oranında harman yapılmış ağartılmış uzun ve kısa elyaf kağıt hamurları kademeli olarak 45 shopper (°SR) değerine gelene kadar işlenmiştir. Diğer taraftan dolgu olarak kalsiyum karbonat seyreltik olarak saf su içerisinde homojen bir şekilde dağıtılmış ve farklı oranlarında katılım gerçekleştirilerek çok sayıda el kağıtları üretilmiştir. Üretilen kağıtlara ilk aşamada hiçbir kimyasal katılmadan, özellikle dolgu tutunmaları ve kağıtların bazı özellikleri takip edilmiştir. Tutunma seviyesi hassas olan %30 dolgu içeren el kağıtları, devam eden aşamalarında, sırasıyla katyonik uzun polimer ve yeni geliştirilmiş olan kısa bir inorganik polielektrolitin farklı oranlarda ayrı ayrı ve beraber katılımları ile üretilmiştir. Polimerlerin tek katıldığı gruplarda tutunmanın azaldığı birlikte kullanıldığı grupta tutunmanın en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir.

Tutuş ve ark. (2012). “Çöktürülmüş Kalsiyum Karbonat (PCC)’ın Kağıdın Optik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi” başka bir çalışmada kağıdın optik ve baskı özelliklerini iyileştirmek için dolgu maddesi olarak kalsiyum karbonat (CaCO₃) kullanılmış ve PCC’nin kağıdın fiziksel ve optiksel özellikleri üzerine etkisini belirlemişlerdir. PCC’nin kağıdın parlaklığını, beyazlığını, opaklığını, yüzey düzgünlüğünü, eskimeye karşı direncini, mürekkep emme yeteneğini ve baskıya uygunluğunu artırdığını tespit edilmiş ve her türlü kağıt ve karton üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliğini belirlemişlerdir.

Tutuş ve ark. (2013), yapmış oldukları bir diğerk çalışmada oktrlmş kalsiyum karbonatın (PCC) atık kağıdın optik özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla  farklı atık kağıdı (baskı, gazete ve ambalaj) ve dolgu maddesi olarak da okertilmş kalsiyum karbonat, doğal kalsiyum karbonat (GCC) kullanarak örnek kağıtlar üretmiş ve optik özelliklerini karşılaştırmışlardır. PCC kullanılarak üretilen kağıtların GCC'lerden daha yüksek optik özelliklere sahip olduğunu, ancak kağıtların fiziksel özelliklerinde tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Yoo ve ark. (2009), Yumurta kabuklarından elde ettikleri kalsiyum karbonatı (ECC) kaplama pigmenti olarak kullanarak bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yumurta kabuğunun %96'sını oluşturan kalsiyum karbonatın %99'unu yüzdürme işlemi kullanarak geri kazanmışlardır. Elde edilen ECC yazı tabı kağıtlarını kuşeleme de kullanarak ve ECC'ın mürekkep yoğunluğu ve kağıt parlaklık değeri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda kağıdın parlaklık değerini dşrmştir. Mürekkep yoğunluğunu düşürürken mavi magenta ve sarı mürekkeplerin optik yoğunluğunu artırmıştır.

3.1.3 Kullanılan su ve kimyasal maddeler

Çalışmanın her aşamasında (yüzdürme işlemi, hamurlaştırma, kimyasal karışımı hazırlama) saf su kullanılmıştır. Ayrıca kalsiyum klorür, oleik asit, sodyum hidroksit, hidrojen peroksit ve sodyum silikat kimyasalları kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu çalışmada, öncelikle atık ofis kağıtlarının geri dönüşümü ve bunlardan dolgu maddesi kullanılmadan yazı tabı kağıdı üretimi yapılmıştır (Şekil 3.2). Daha sonra atık yumurta kabuklarından dolgu maddesi (ECC) üretilmiştir, ECC ve kağıt endüstrisinde dolgu maddesi yaygın olarak kullanılan PCC ve GCC, %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında yazı tabı kağıtlarına ayrı ayrı bünyeden ilave edilmiştir. Bu çalışmanın tüm aşamaları aşağıda başlıklar halinde ayrı ayrı verilmiştir.

3.2.1. Atık ofis kağıtlarının geri dönüşümü

Bu çalışmada gerçekleştirilen yazı tabı kağıdı üretimi için kullanılan atık ofis kağıtlarının geri dönüşüm aşamaları aşağıda Şekil 3.2’de sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3.2. Atık ofis kağıtlarının geri dönüşüm aşamaları

Yukarıdaki şekilde verilen aşamalar detaylı bir biçimde aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

3.2.1.1. Atık kağıtların geri dönüşümü ve örnek hazırlama

Çalışmada Kombassan Kağıt A.Ş.'de solvent (Flesko) bazlı mürekkep ile basılan bobin kağıtlarından örnek hazırlanmıştır. Atık ofis kağıtları INGEDE (Metot 11p – 5.5) standardına uygun olacak biçimde 2x2 cm boyutlarında el ile parçalara ayrılmıştır (Şekil 3.3). Parçalanmış kağıtlar daha sonra ağzı kapatılabilen polietilen poşetler içerisinde ışık, sıcaklık ve rutubetten korunmak üzere muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3. Parçalanmış kağıtlar

3.2.1.2. Hamurlaştırma ve depolama işlemi

Baskı yapılan ofis kağıtlarına standart INGEDE metoduna göre hamurlaştırma işlemleri uygulanmıştır. Hamurlaştırma işlemleri için devir hızları ve sürelerinde Hobart tipi hamurlaştırıcı kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu cihaz ile belirlenen devir hızları ve sürelerinde hamurlaştırma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.4. Hobart tipi hamurlaştırıcı

Hamurlaştırma işleminde INGEDE (Metot 11p – 4.2) standardında belirtilen kimyasallar kullanılmıştır. Ofis kağıtları üzerindeki mürekkebin şişirilerek liflerden ayrılması için sodyum hidroksit (%0.6), kağıtların sararmadan beyazlatılması için hidrojen peroksit (%0.7), lifler üzerindeki mürekkep parçacıklarının gevşemesi ve tekrardan liflerin üzerine birikmesini engellemek için sodyum silikat (%1.8) ve liflerden sökülen mürekkep parçacıklarını yakalayıp yüzeye taşınması işlemleri içinde oleik asit (%0.8) kullanılmıştır (Kırcı, 2000).

Hamurlaştırma işlemi %15 konsantrasyonda, 45 °C’de, 2 devir hızda 20 dakika boyunca yapılmıştır, Sodyum hidroksit, sodyum silikat, hidrojen peroksit ve oleik asit hamurlaştırma işlemine başlamadan önce manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra ilave edilmiştir.

Hamurlaştırma muamelesinden sonra tamamen bireysel liflerine ayrılan kağıt hamuru süspansiyonu, 45°C’de %5 konsantrasyonda 1 saat süreyle su banyosunda bekletildikten sonra (depolama), mürekkepleri uzaklaştırmak için yüzdürme hücresine alınmıştır.

3.2.1.3. Yüzdürme (flotasyon) işlemi

Yüzdürme işleminde 20 lt kapasiteli degussa tipi yüzdürme hücresi (Şekil 3.5) kullanılmıştır, İşleme başlamadan önce suyun sertliğini 160 ppm’de sabit tutabilmek için her bir yüzdürme işlemi için kalsiyum klorür (CaCl₂) ilavesi 45°C sıcaklığındaki yüzdürme suyu üzerine eklenmiştir. Yüzdürme işleminde kesafet %1, hava basıncı 20 scfm (1 scfm=0,0283 m³/dak), karıştırma hızı 1450 devir/dakika ve süre 30 dk olarak ayarlanmıştır. İşlem esnasında hücre üzerinde oluşan kirli mürekkep çamuru belirli aralıklarla raspa yardımıyla sıyrılarak süspansiyondan ayrılmıştır.



Şekil 3.5. Yüzdürme hücresi

3.2.1.4. Kesafet artırma işlemi

Yüzdürme işlemi sonucu kirliliklerinden arındırılmış %1 kesafetteki kağıt hamuru süspansiyonu 200 meshlik elek yardımı ile suyu uzaklaştırılarak kesafeti arttırılmıştır. Yüzdürme hücresi içerisinde bulunan 20 lt kağıt hamuru süspansiyonu elek üzerine alınmış ve elle sıkılarak kesafetin %28-30 civarına gelmesi sağlanmıştır. Kesafeti arttırılan kağıt hamuru polietilen poşet içerisine konularak daha sonra yapılacak analizler için saklanmıştır.

3.2.1.5. Mürekkebi giderilmiş kağıtlara alkali ekstraksiyonu işlemi

Çizelge 3.1’de verilen koşullarda mürekkebi giderilmiş ofis kağıtlarına kağıt hamurunun parlaklık derecesini iyileştirmek üzere alkali ekstraksiyonu uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Mürekkebi giderilmiş atık ofis kağıtlarına uygulanan alkali ekstraksiyonu koşulları

Deneş no	NaOH oranı (%)	Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
1	8	10	80	40
2	10	10	80	40
3	12	10	80	40

Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi sıcaklık ve süre sabit tutulmuş, sodyum hidroksit oranı değiştirilerek 3 adet ağartma denemesi yapılmıştır. Ağartma işlemleri polietilen poşet içerisinde su banyosunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Ağartma sonrasında su banyosundan alınan hamur, 200 meshlik hamur eleğinde soğuk suyla yıkanarak içerisinde bulunan sodyum hidroksit uzaklaştırılmıştır. Ardından hamur içerisindeki fazla su uzaklaştırılmış ve polietilen poşete alınarak bir gün bekletildikten sonra rutubeti belirlenmiş ve verim hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.6. Alkali ekstraksiyonu işlemi

Kağıt hamurları rutubet değerleri, verimleri, ağartma şartları ve hava kurusu ağırlıkları not alınmıştır. Kullanıma hazır olan kağıt hamurları soğutucuda depolanmıştır.

3.2.2. Atık beyaz yumurta kabuklarından kalsiyum karbonat üretimi

Bu çalışmada gerçekleştirilen yazı tabı kağıdı üretimi için kullanılan atık beyaz yumurta kabuklarından kalsiyum karbonat hazırlanma aşamaları Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Atık beyaz yumurta kabuklarından dolgu maddesi elde etme aşamaları

Atık beyaz yumurta kabuklarından dolgu maddesi elde etme aşamaları aşağıdaki alt başlıklar altında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.2.1. Atık beyaz yumurta kabukları

Atık beyaz yumurta kabukları pastane üretim fabrikasından temin edilmiştir. Atık yumurta kabuklarındaki damga vurulan renkli baskı kısımları ve lekeli bölgeler ayrılmıştır. Aşağıda Şekil 3.8’de temin edilen yumurta kabuklarındaki damgalı bölgeler kağıt içerisinde renklenme vermemesi için ayrılmıştır.



Şekil 3.8. Atık beyaz yumurta kabukları

3.2.2.2. Yıkama işlemi

Lekeli ve damgalı bölgeleri ayrılan yumurta kabukları kirliliklerinden arındırılmak üzere yıkanmıştır. Şekil 3.9'da kirliliklerinden arındırılan yumurta kabukları gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Kirlilikten arındırılmış yumurta kabukları

3.2.2.3. Kurutma işlemi

Atık yumurta kabuklarından dolgu madde elde etmek için yapılan en önemli aşamalardan bir tanesi kurutmadır. Bu aşamada bakterilerin ve havadaki mikroorganizmaların yumurta kabukları üzerinde konaklayabileceği bilinmektedir. Bu yüzden bir önceki yıkama aşamasında bol suyla yumurta kabukları yıkanmıştır. Bu işlemin ardından yumurta kabukları etüvde 40 °C'de 2 saat süreyle kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.2.4. Öğütme işlemi

Kurutma işlemine uğratılmış yumurta kabukları öğütme aşaması için öncelikle blender yardımıyla ufak parçalara ayrılmıştır. Ufak parçalara ayrılan yumurta kabukları taşlı öğütücü içerisinde mikron boyutuna getirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Taşlı öğütücü

3.2.2.5. Eleme işlemi

Taşlı öğütücü yardımıyla mikron boyutuna getirilen yumurta kabuklarına, kağıt üretiminde kullanılması için en önemli safha olan eleme işlemi uygulanmıştır. Eleme işlemi için 100 ve 200 mesh boyutlarındaki eleklerde kullanılmıştır (Şekil 3.11). Vibrasyonlu eleklerde 10 dakika süreyle elenmiştir. 200 meshlik elek altına geçen ECC bu çalışmada dolgu maddesi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.11. ECC eleme işlemi

3.2.2.6. Depolama işlemi

Sarsak elekler üzerindeki yumurta tozu eleme işlemleri bitirilmiştir. Elek boyutları 100 ve 200 mesh olan eleklerin altında kalan yumurta tozları polietilen poşetlere konulup eleme şartları etiket yardımıyla üzerlerine not edilmiştir. Bir gün süre ile bekletilen yumurta tozlarının rutubetleri rutubet ölçer cihazı ile kontrol edilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 3.12’de 100 ve 200 mesh aralıklarına göre sınıflandırılan yumurta tozlarının polietilen poşetlerde depolandığı gösterilmiştir.



Şekil 3.12. ECC depolama

3.2.3. Yazı tabı kağıdı üretimi

Bu çalışmada ön denemeler için katkı kimyasalları (çivit boya, optik beyazlatıcı, katyonik nişasta, AKD (alkil keten dimer) ve dolgu maddesi ilave edilmeksizin 80 ± 5 (gr/m^2) gramajında ve 35 ± 3 °SR serbestlik derecesinde kontrol kağıtları üretilmiştir. Daha sonra %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ECC, PCC ve GCC dolgu maddeleri tutunmayı ve optik özellikleri iyileştirecek kağıt katkı kimyasalları ilave edilerek yine 35 ± 3 °SR yazı tabı kağıtları üretilmiştir.

Yukarıdaki ECC, PCC ve GCC dolgu kağıtlar için tutunmayı ve optik özellikleri iyileştirmek üzere bazı kağıt katkı kimyasalları kullanılmıştır. Aşağıdaki kağıt katkı kimyasalları kombassan kağıt fabrikasının iş akış reçetesi baz alınarak laboratuvar şartlarına uyarlanarak hesaplanmıştır.

Çivit Boya (0.06 lt / ton)
Optik beyazlatıcı (3.5 lt / ton)
Katyonik nişasta (6 kg / ton) (%1.5 konsantrasyonda)
AKD (Alkil Keten Dimer) (5-6 kg / Ton)

3.2.4. Yazı tabı kağıtlarının testleri

Elde edilen deneme kağıtları, sıcaklığı 23 ± 1 °C ve bağıl nemi $\%65 \pm 1$ olan klima odasında 24 saat kondisyonlandıktan sonra aşağıdaki Çizelge 3.2'de yazı tabı kağıtlarına uygulanan fiziksel ve optik test standartları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yazı tabı kağıtlarına uygulanan fiziksel ve optik test standartları

Fiziksel ve Optik Özellikler	Standart
Beyazlık	ISO 11475
Parlaklık	ISO/DIS 2470
Sarılık	ASTM E313
Opaklık	ISO/DIS 2471
Yüzey Pürüzlülüğü	ISO 4287
Kopma uzunluğu	Tappı T 494 om-13
Patlama indisi	Tappı T 403 om-91
Yırtılma indisi	Tappı T 414 om-88

3.2.4.1. Fiziksel ve optik özelliklerin belirlenmesi

Yüzey pürüzlülüğü testi; ECC, PCC ve GCC dolgulu ve dolgusuz kağıtlara yüzey pürüzlülüğü özelliklerini belirlemek için ISO 4287 standardına göre Mahr marka Marsurf M 300 cihazında yapılmıştır. Aşağıdaki Şekil 3.13’de yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

Kopma uzunluğu; Tappı T 494 om-13 standardına uygun olarak Kari Frank-800 pendulum tipi kopma cihazı ile kağıt şeritlerin gram-kuvvet (gf) cinsinden kopma direnci ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 3.14’de test kağıtlarına yapılan kopma testi gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Kopma testi cihazı

Patlama indisi; Tappi T 403 om-91 standardına uygun olarak, Mullen patlama test cihazı ile test kağıtlarına patlama direnci testi yapılmıştır. Aşağıda Şekil 3.15’de test kağıtlarına yapılan patlama direnci testi gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Patlama direnci test cihazı

Yırtılma indisi; Tappi T 414 om-88 standardına uygun olarak Elmendorf aleti kullanılarak test kağıtlarına yırtılma direnci testi yapılmıştır. Aşağıda Şekil 3.16’da test kağıtlarına yapılan yırtılma direnci testi gösterilmiştir.



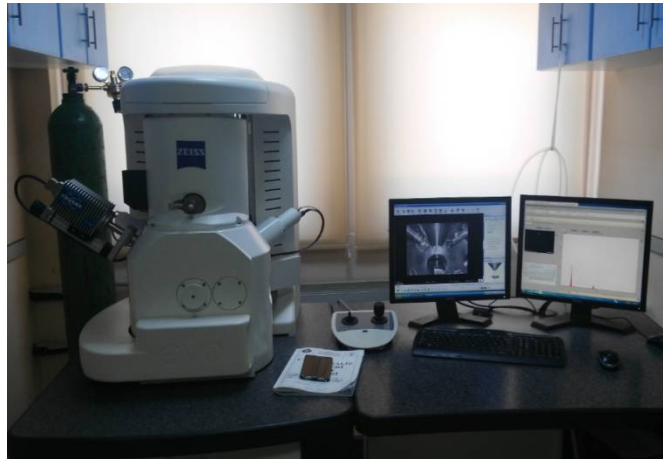
Şekil 3.16. Yırtılma direnci test cihazı

Optik özelliklere Datacolor Elrepho cihazında bakılmıştır. ISO beyazlık (%), ISO parlaklık (%) ve ISO sarılık (%) standart test metotları esas alınarak ve her kağıdın alt ve üst yüzeyindeki ölçümlerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Aşağıda Şekil 3.17’de test kağıtlarının optik özelliklerinin ölçümü yapılan Datacolor Elrepho cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Datacolor Elrepho cihazı

SEM Görüntüsü; ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların içerisindeki partiküllerin dağılımının görüntülenmesi Neo Scope marka Scanning Electron Microscope (SEM) cihazı ile KSÜ ÜSKİM laboratuvarında yapılmıştır. Numune yüzeylerinde oluşabilecek yansımaları gidermek için yüzeyleri altın tozu 10 mA da 120 sn boyunca kaplama işlemi uygulanmıştır. Şekil 3.18’de ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların içerisindeki partiküllerin görüntülediği SEM (Scanning Electron Microscope) cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Scanning Electron Microscope(SEM)

3.2.5. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtlara ait verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Atık ofis kağıtlarına %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ilave edilen ECC, GCC ve PCC dolgu maddeleriyle üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 15.0 paket programı kullanılmıştır.

Veriler arasında %95 güven aralığında ($P < 0,05$) farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi ile belirlenmiştir. Varyans analizinin uygulanması ile gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mürekkebi Giderilmiş ve Alkali Ekstraksiyonu Yapılmış Atık Ofis Kağıtlarının Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Mürekkebi giderilmiş atık ofis kağıtlarına alkali ekstraksiyonu (Çizelge 3.1) yapılmış olup 80 ± 5 (gr/m²) gramajlarında deneme test kağıtları üretilmiş ve optik testlere tabi tutulmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.1’de mürekkebi giderilmiş ve alkali ekstraksiyonu öncesi ve sonrası deneme test kağıtlarının optik özellikleri sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Alkali ekstraksiyonu sonucu elde edilen kağıtların optik özellikleri

Grup Adı	ISO Parlaklık (%)	Sarıklık (E 313)	ISO Opaklık (%)	ISO Beyazlık (%)
UP	84.08	-26.54	95.66	69.09
DP	84.65	-17.57	94.48	73.97
NaOH %8	85.43	-12.42	92.95	77.52
NaOH %10	85.77	-11.98	93.09	78.08
NaOH %12	85.71	-11.72	93.39	78.06

*UP: Mürekkebi giderilmemiş kağıt, DP: Mürekkebi giderilmiş kağıt

Çizelge 4.1’de elde edilen bulgulara göre, kağıdın baskı kalitesinde etkili olan beyazlık ve parlaklık değerleri dikkate alınmış ve %10’luk alkali ekstraksiyonuna uğratılmış kağıt hamurları yazı tabı kağıdı üretimine uygun görülerek devam eden tüm çalışmalara da kullanılmıştır.

4.2 ECC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular

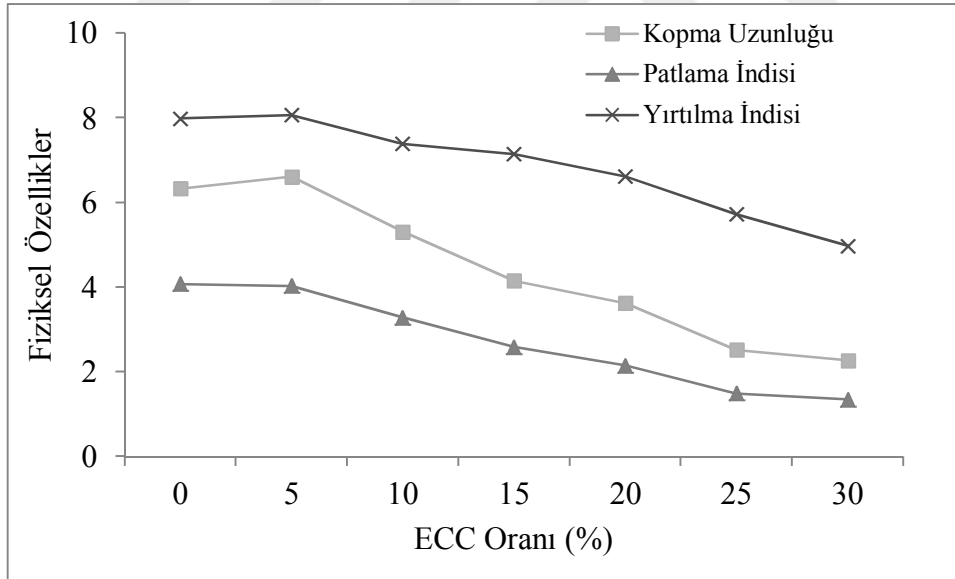
Atık kağıtların geri dönüşümüyle elde edilen kağıt hamuru daha önce metot bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Yazı tabı kağıdı üretimi %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ECC dolgusu ve kağıt katkı kimyasalları katılarak Rapid Köthen kağıt makinesinde test kağıtları üretilmiştir. Üretilen kağıtlar fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

Aşağıda Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1’de ECC dolgulu üretilen test kağıtlarının kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi, hacimlilik, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.2. ECC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri

ECC (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Hacimlilik (cm ³ /g)	Yoğunluk (g/cm ³)
%0	6330	4.08	7.99	1.47	0.71
%5	6611	4.03	8.07	1.51	0.66
%10	5314	3.28	7.39	1.39	0.72
%15	4154	2.59	7.15	1.46	0.68
%20	3622	2.15	6.62	1.47	0.68
%25	2519	1.49	5.73	1.40	0.71
%30	2273	1.35	4.98	1.53	0.65

Dolgu miktarlarının kağıt içerisinde oranı artıka düşük tutunma ve mukavemetlerde zayıflama problemleri görülmektedir. Tanecik yapısı olarak lif ve kırıntılara göre son derece küçük olan dolgu maddelerini mekanik/fiziksel tutunma ile kağıt içerisine kazandırmak son derece zordur. Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetler düşmektedir (Karademir ve ark., 2011).



Şekil 4.1. Dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri

4.2.1 ECC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiş ve ECC oranındaki artışa bağlı olarak kopma uzunluğu değerleri sırasıyla, 6330 m, 6611 m, 5314 m, 4154 m, 3622 m, 2519 m ve 2273 m olarak bulunmuştur. Üretilen kağıtlar da ECC dolgu oranı

arttıkça genel olarak kopma uzunluğu değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetler düşmektedir (Karademir ve ark., 2011).

Üretilen kağıtlar da ECC dolgu oranı %5'den %10'a çıkarıldığında kopma uzunluğu %24.40; %10'dan %15'e çıkarıldığında kopma uzunluğu oranı %27.92; %15'den %20'ye çıkarıldığında kopma uzunluğu oranı %14.68; %20'den %25'e çıkarıldığında kopma uzunluğu oranı %43.78 ve %25'den %30 çıkarıldığında kopma uzunluğu oranı %10.82 oranında azaldığı gözlenmiş ve ECC dolgu oranı %5 arttırılmış ve her %5'lik dolgu maddesi artışında kopma uzunluklarında yaklaşık %24.32 azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi %0 ECC dolgu maddesi kullanımında kopma uzunluğu 6330 m iken %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 dolgu oranlarında kağıtların kopma uzunluğu sırasıyla; 6611 m, 5314 m, 4154 m, 3622 m, 2519 m ve 2273 m olarak tespit edilmiştir. Genel olarak dolgu maddesi oranı arttıkça lifler arasındaki lif-lif bağ yapma oranı azaldığında kağıtların kopma uzunlukları düşmüştür.

Tutuş ve ark. (2012) tarafından yapılan "Effects of Precipitated Calcium Carbonate (PCC) on Optical and Physical Properties of Paper" başlıklı çalışmada PCC ve GCC ilaveli kağıtlar üretilmiş ve bu kağıtların fiziksel ve optik özellikleri belirlenmiştir. Test kağıtlarında kopma uzunlukları sırasıyla, 4141 m, 2247 m, 2032 m, 1774 m, 1795 m ve 2065 m olarak bulunmuştur.

Elde edilen verilere önce varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçlarına göre gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır. Aşağıda Çizelge 4.3'te ECC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak kopma uzunluğu sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %5 ve %25 ile %30 ECC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı tespit edilmiştir. Diğer ECC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. ECC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Kopma Uzunluğu (m)	0	6330a	86	6235	6401	.000
	5	6611a	358	6235	6948	
	10	5314b	167	5134	5463	
	15	4154c	108	4049	4265	
	20	3622d	151	3456	3752	
	25	2519e	109	2449	2645	
	30	2273e	166	2156	2463	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.2.2 ECC oranının patlama indisi üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi ve ECC oranındaki artışa bağlı olarak patlama indisi değerleri sırasıyla, 4.08, 4.03, 3.28, 2.59, 2.15, 1.49 ve 1.35 kPa.m²/g olarak bulunmuştur (Şekil 4.1).

Üretilen kağıtlarda ECC dolgu oranı arttıkça genel olarak patlama indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Kağıt içerisine katılan dolgu tanecikleri ise oluşacak lif-lif bağlarını olumsuz yönde etkiler. Tutunan dolgu madde miktarı çok az olsa bile kağıt mukavemetini olumsuz yönde ciddi derecede etkilemektedir (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda ECC dolgu oranı %5'den %10'a çıkarıldığında patlama indisi oranı % 22.86; %10'dan %15'e çıkarıldığında patlama indisi oranı %26.64; %15'den %20'ye çıkarıldığında patlama indisi oranı %20.46; %20'den %25'e çıkarıldığında patlama indisi oranı %44.29 ve %25'den %30'a çıkarıldığında patlama indisi oranı %10.37 azaldığı gözlenmiştir. ECC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında patlama indislerinde ortalama yaklaşık %24.92 azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi %0 ECC dolgu maddesi kullanımında patlama indisi 4.08 iken %5' de 4.03, %10'da 3.28, %15'de 2.59, %20'de 2.15, %25'de 1.49 ve %30'da 1.35 kPa.m²/g olarak tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çöktelmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş ve

%20, 25 ve 30 oranlarına göre patlama indisi değerleri sırasıyla, 1.14, 0.88 ve 0.89 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır. Aşağıda Çizelge 4.4'te ECC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak patlama indisi sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %5 ve %25 ile %30 ECC oranları arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olmadığı görülmüştür. Diğer ECC oranları arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. ECC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Patlama İndisi (kPa.m ² g ⁻¹)	0	4.08a	0.08	4.03	4.17	.000
	5	4.03a	0.01	4.02	4.04	
	10	3.28b	0.15	3.12	3.42	
	15	2.59c	0.19	2.45	2.81	
	20	2.15d	0.06	2.10	2.21	
	25	1.49e	0.05	1.44	1.53	
	30	1.35e	0.09	1.26	1.43	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.2.3 ECC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi ve ECC oranındaki artışa bağlı olarak yırtılma indisi değerleri sırasıyla, 7.99, 8.07, 7.39, 7.15, 6.62, 5.73 ve 4.98 mN.m²/g olarak bulunmuştur (Şekil 4.1). Üretilen kağıtlar da ECC dolgu oranı arttıkça genel olarak yırtılma indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genellikle lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilemekte ve kağıdı mukavemetleri düşmektedir. Fakat içerisinde aynı miktarda dolgu maddesi tutunduran ve aynı hamurdan üretilen kağıtlar farklı mukavemet özellikleri gösterebilmektedir. Kağıt içerisinde tutunan dolgu maddelerinin, kağıdın iç yapısında homojen dağılımı kalitesi ve oluşan flock ebatları en etkili unsurlardandır (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda ECC dolgu oranı %5'den %10'a çıkarıldığında yırtılma indisi oranı %9.20; %10'dan %15 çıkarıldığında %3.35; %15'den %20 çıkarıldığında %8; %20'den %25 çıkarıldığında oranı %15.53 ve %25'den %30 çıkarıldığında %15.06 azaldığı gözlemlendi. ECC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında yırtılma indisi değerleri ortalama yaklaşık %10.22 azalma olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.1).

Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz yönde etkilediği için mukavemetler düşmektedir (Karademir ve ark.,2011).

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi %0 ECC dolgu maddesi kullanımında yırtılma indisi %0'da 7.99 iken %5' de 8.07, %10'da 7.39, %15'de 7.15, %20'de 6.62, %25'de 5.73 ve %30'da 4.98 mN.m²/g olarak tespit edilmiştir.

Tutuş ve ark. (2013) %20, 25 ve 30 oranlarında PCC ve GCC dolgulu üretilen yazı tabı kağıtlarını fiziksel testlere tabi tutmuş yırtılma indislerini PCC' de sırasıyla 0.62 0.63 0.52 ve GCC' de sırasıyla 0.83 0.83 0.73 olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması halinde gruplanmaları görebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Aşağıda Çizelge 4.5'te ECC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak yırtılma indisi sonuçları değerlendirildiğinde, %0, %5 ile %10 ve %0, %10 ile %15 ve %10, %15 ile %20 ve %25 ile %30 ECC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olmadığı tespit görülmüştür. Diğer ECC oranları arasında %5 yanılma olasılığı belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. ECC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Yırtılma İndisi (mN.m ² .g)	0	7.99ab	0.04	7.95	8.03	.000
	5	8.07a	0.17	7.95	8.27	
	10	7.39abc	0.84	6.42	7.90	
	15	7.15bc	0.31	6.80	7.40	
	20	6.62c	0.51	6.06	7.05	
	25	5.73d	0.67	5.05	6.39	
	30	4.98d	0.10	4.87	5.05	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.2.4 ECC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak hacimlilik değerleri sırasıyla, 1.47, 1.51, 1.39, 1.46, 1.47, 1.40 ve 1.53 cm³/g, yoğunluk değerleri ise sırasıyla, 0.71, 0.66, 0.72, 0.68, 0.68, 0.71 ve 0.65 g/cm³ olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki dolgu maddesi artışı ile hacimlilik ve yoğunlukta azımsanacak değerlerde dalgalanma tespit edilmiştir.

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'nin kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulup hacimlilikleri sırasıyla, 1.56, 1.56, 1.48, 1.56, 1.51, 1.57 ve 1.59 cm³/g, yoğunluklar ise sırasıyla 0.64, 0.64, 0.67, 0.64, 0.66, 0.64 ve 0.63 g/cm³ olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

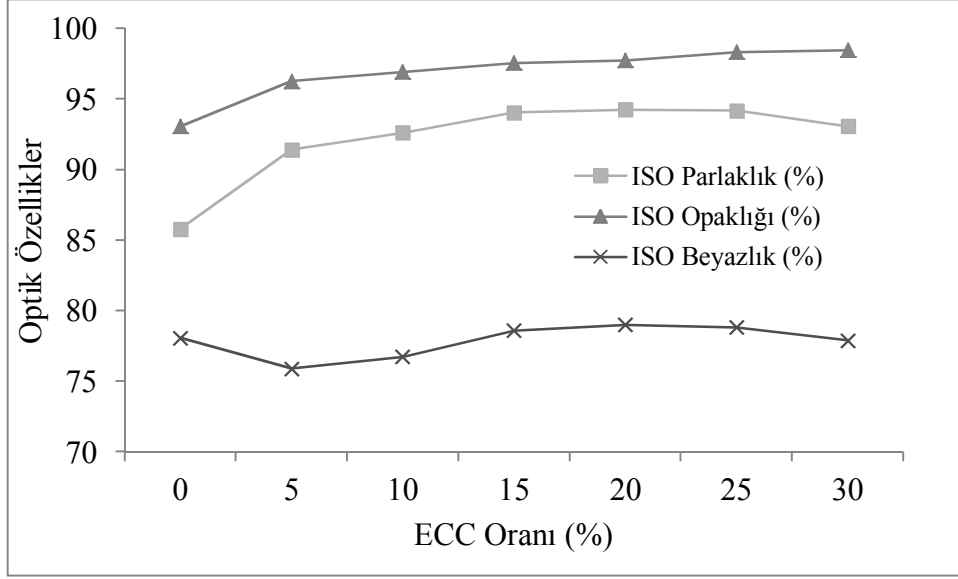
4.3 ECC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

ECC Dolgulu test kağıtları Elrepho test cihazında standartlara uygun olarak optik özellikleri değerlerine bakılmıştır. Elde edilen optik özelliklerin değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. ECC Dolgulu test kağıtlarının optik özellikleri

ECC (%)	ISO Parlaklık (%)	Sarılık (E 313)	ISO Opaklığı (%)	ISO Beyazlık (%)	Kül Oranı (%)	Yüzey Pürüzlülük
%0	85.79	-12.00	93.07	78.08	0.03	2.925
%5	91.42	-25.08	96.29	75.91	5.00	2.330
%10	92.63	-24.64	96.93	76.74	8.97	2.686
%15	94.05	-24.14	97.57	78.59	13.94	2.988
%20	94.26	-23.78	97.76	79.01	18.96	2.945
%25	94.19	-23.92	98.35	78.83	21.02	3.476
%30	93.08	-23.86	98.47	77.90	25.16	3.878

Kağıdın optik özellikleri olan parlaklık, sarılık, opaklık, beyazlık ve yüzey pürüzlülüğü gibi ifadeler yazı tabı kağıtlarında baskı kalitesini yükseltmektedir.



Şekil 4.2. ECC Dolgulu kağıtların optik özellikleri

4.3.1 ECC oranının parlaklık üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak parlaklık değerleri sırasıyla, %85.79, 92.62, 94.04, 94.25, 94.19 ve 93.07 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde ECC oranı arttıkça parlaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

Dolgu maddeleri doğal veya yapay olarak elde edilen, su içerisinde çözünmeyen veya az çözünen bir kimyasal yapıya sahip ve kağıdın parlaklık, yüzey düzgünlüğü, mürekkep emme yeteneği gibi baskı özelliklerini iyileştirmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'in kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulmuş ve parlaklık değerleri sırasıyla, %79.01, 84.26, 84.37, 85.12, 85.31, 85.96 ve 86.08 olarak belirlenmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan istatistik analiz sonucuna göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek için duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.7'de ECC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak parlaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %15, %20 ile %25 ve %10 ile %30 ECC arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin

farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Diğer ECC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7. ECC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Parlaklık (ISO)	0	85.79d	0.45	85.36	86.25	.000
	5	91.42c	0.10	91.36	91.54	
	10	92.63b	0.35	92.27	92.96	
	15	94.05a	0.82	93.36	94.96	
	20	94.26a	0.10	94.16	94.36	
	25	94.19a	0.06	94.15	94.26	
	30	93.08b	0.14	92.92	93.16	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.3.2 ECC oranının sarılık üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir, ECC oranındaki artışa bağlı olarak sarılık değerleri sırasıyla, -12.00, -25.08, -24.64, -24.14, -23.78, -23.92 ve -23.86 olarak bulunmuştur.

Dolgu ve kaplama mineralleri kağıdın yıpranma özelliğini azaltmakta ve özellikle içerisinde dolgu maddesi olarak kalsit kullanılan kağıtlar asırlar boyunca niteliklerini muhafaza etmektedir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'nin kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulup sarılık değerleri sırasıyla, -8.53, -6.27, -5.70, -5.51, -5.54 - 5.58 ve -5.30 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması halinde gruplanmaları veya kademeleri görebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.8'de ECC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak sarılık sonuçları değerlendirildiğinde, %5 ile %10 ve %10 ile %15 ve %15, %20 ile %25 ve %20 ile %25 ECC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Diğer ECC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. ECC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Sarılık (E313)	0	-12.00f	0.04	-12.03	-11.96	.000
	5	-25.08a	0.10	-25.20	-25.01	
	10	-24.64ab	0.36	-25.03	-24.31	
	15	-24.14bc	0.13	-24.28	-24.03	
	20	-23.78cd	0.50	-24.11	-23.20	
	25	-23.92cd	0.40	-24.32	-23.53	
	30	-23.52e	0.40	-23.91	-23.12	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır.

4.3.3 ECC oranının opaklık üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak opaklık değerleri sırasıyla, %93.07, 96.29, 96.93, 97.57, 97.76, 98.35 ve 98.47 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde ECC oranı artıkça opaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

Kağıt içerisine ilave edilen dolgu maddelerinin şekli, ortalama parçacık boyutu, boyut dağılımı, toplam boyutu ve spesifik yüzey alanı kağıdın özelliklerini etkileyen önemli parametrelerdir. Kağıt üretiminde kullanılan dolgu maddeleri genellikle kağıdın parlaklık, opaklık gibi optik özelliklerini iyileştirmektedir (Tutuş ve ark., 2012).

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'in kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulup opaklık değerleri sırasıyla %91.47, 95.67, 95.58, 96.17, 95.86, 96.59 ve 96.70 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.9'da ECC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak opaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %25 ile %30 ve %20 ile %25 ve %10, %15 ile %20 ve %5 ile %10 ECC arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Diğer ECC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. ECC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Opaklık (ISO)	0	93.07e	0.21	92.85	93.26	.000
	5	96.29d	0.06	96.25	96.36	
	10	96.93cd	0.38	96.66	97.37	
	15	97.57c	0.44	97.09	97.96	
	20	97.76bc	0.17	97.66	97.96	
	25	98.35ab	0.54	97.96	98.96	
	30	98.47a	0.50	97.96	98.96	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.3.4 ECC oranının beyazlık üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %78.08, 75.91, 76.74, 78.59, 79.01, 78.83 ve 77.90 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde ECC oranı arttıkça beyazlık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

Kağıt üretiminde kullanılan dolgu maddeleri genellikle kağıdın parlaklık, beyazlık ve opaklık gibi optik özelliklerini iyileştirmektedir (Tutuş ve ark., 2012).

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'nin kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulmuş beyazlık değerleri sırasıyla, %73.68, 80.08, 80.57, 80.52, 80.94, 83.06 ve 81.15 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması halinde gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Aşağıda Çizelge 4.10'da ECC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. ECC oranının artışına bağlı olarak beyazlık sonuçları değerlendirildiğinde, %15, %20 ile %25 ve %0, %20 ile %25 ve %10 ile %30 ECC arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Diğer ECC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. ECC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	ECC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Beyazlık (ISO)	0	78.08b	0.75	77.44	78.91	.000
	5	75.91d	0.02	75.89	75.93	
	10	76.74c	0.28	76.43	76.99	
	15	78.59a	0.49	78.26	79.15	
	20	79.01ab	0.33	78.64	79.26	
	25	78.83ab	0.41	78.46	79.27	
	30	77.90c	0.52	77.46	78.48	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.3.5 ECC oranının kül oranı üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %0.03, 5.00, 8.97, 13.94, 18.96, 21.02 ve 25.16 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde ECC oranı arttıkça kül oranının da arttığı tespit edilmiştir.

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'ın kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulup kül oranları sırasıyla %3.5, 28.3, 25.8, 24.4, 25.4, 26.7 ve 26.4 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

4.3.6 ECC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi

ECC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. ECC oranındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla, 2.925, 2.330, 2.686, 2.988, 2.945, 3.476 ve 3.878 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde ECC oranı arttıkça kül oranının da arttığı tespit edilmiştir.

4.4 ECC SEM Görüntüleri

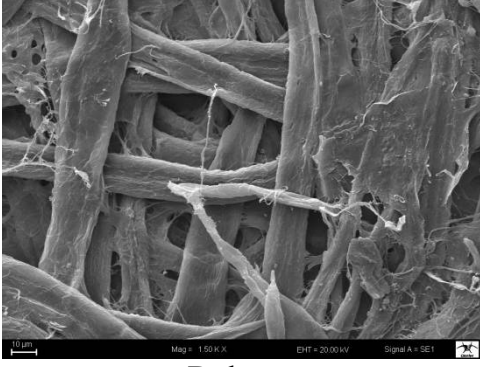
Aşağıdaki SEM görüntülerinden de anlaşıldığı gibi ECC oranının artışına bağlı olarak lifler arasında tutunan ECC dolgu maddesinin belirgin olarak arttığı görülmektedir.

Yazı tabı kağıdı standartlarına uygun olarak elde edilen %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ECC dolgulu ve dolgunsuz test kağıtlarının morfolojik görüntüleri ZEIZZ

marka taramalı elektron mikroskopunda (SEM) 1500X ve 2000X büyütmelemler ile belirlenmiş ve Şekil 4.3'te ECC dolgulu kağıtların SEM görüntüsü verilmiştir.

SEM görüntülerindeki dolgu maddesi oranlarının artışı kül tayini ile doğrulanmış olup yukarıdaki Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. SEM görüntülerinden de görüldüğü üzere lifler arasına yerleşen dolgu maddeleri (ECC) lif aralarına girerek lifler arasındaki bağ yapma sayısını ve lif-lif bağ yapımını azalttığı ve böylece kağıdın fiziksel özelliklerinin azalmasına neden olduğu açık bir şekilde tespit edilmiştir.

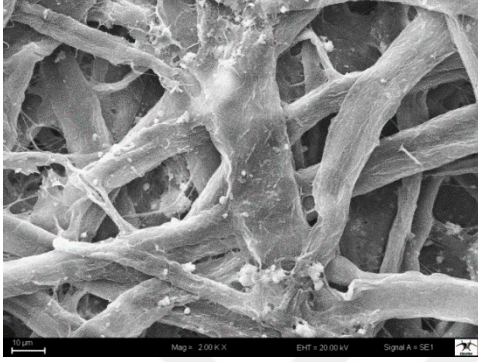




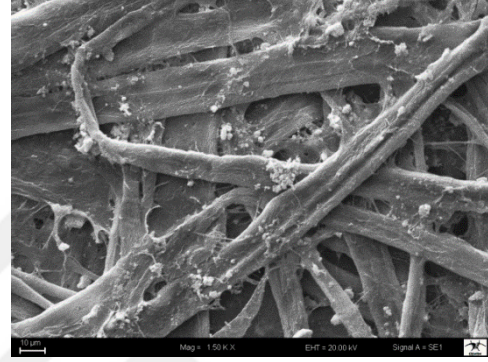
Dolgunuz



%10 Alkali (Dolgunuz)



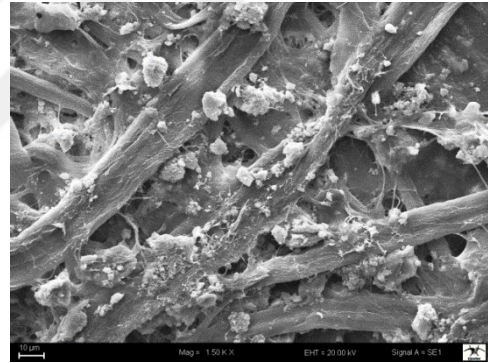
%5 ECC



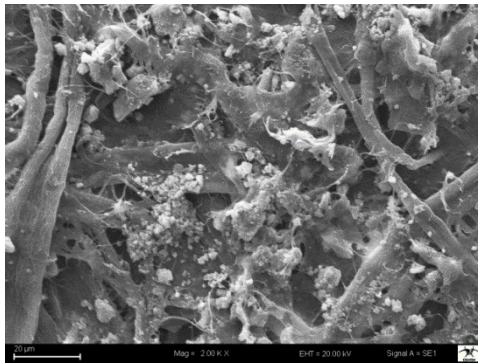
%10 ECC



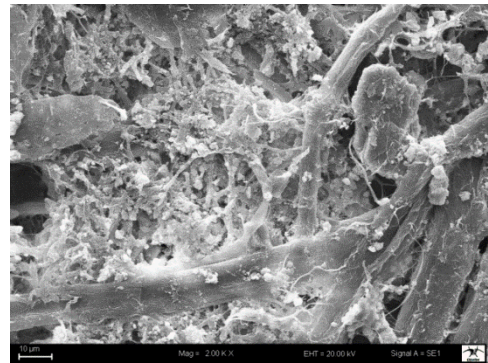
%15 ECC



%20 ECC



%25 ECC



%30 ECC

Şekil 4.3. ECC Dolgulu ve dolgunuz kağıtların sem görüntüsü(%5, 10, 15, 20, 25 ve30)

4.5 GCC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular

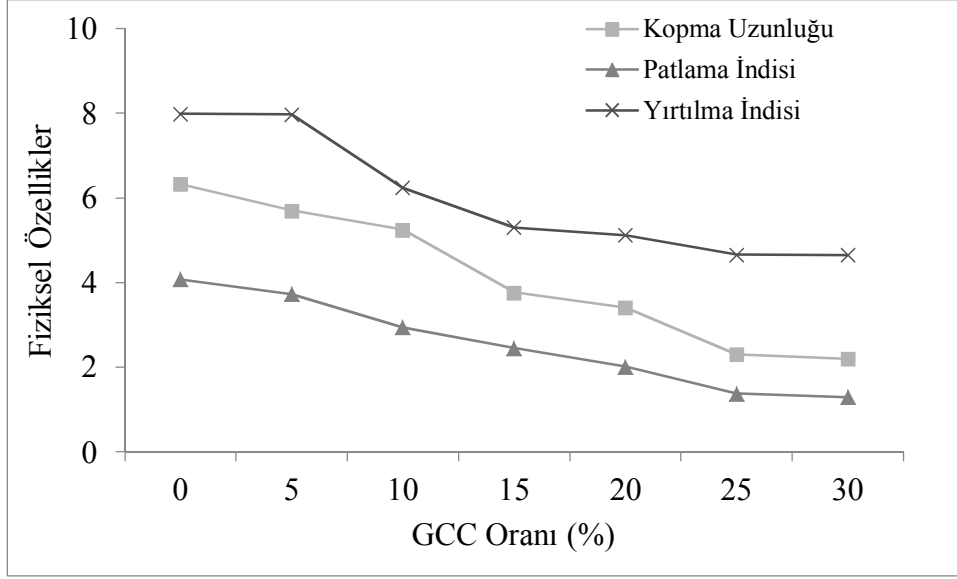
Atık kağıtların geri dönüşümüyle elde edilen kağıt hamuru daha önce metot bölümünün birinci basamağında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Metot bölümünün 3. ana basamağı olan yazı tabı kağıdı üretimi %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında GCC dolgusu ve kağıt katkı kimyasalları katılarak Rapid Köthen kağıt makinesinde test kağıtları üretilmiştir. Üretilen test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.4'te GCC katkılı üretilen test kağıtlarının kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi, hacimlilik, yoğunluk gibi fiziksel özellik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.11. GCC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri

GCC (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Hacimlilik (cm ³ /g)	Yoğunluk (g/cm ³)
%0	6330	4.08	7.99	1.47	0.71
%5	5707	3.73	7.97	1.45	0.69
%10	5249	2.94	6.24	1.12	0.90
%15	3770	2.45	5.30	1.26	0.80
%20	3408	2.01	5.12	1.38	0.72
%25	2311	1.38	4.66	1.11	0.90
%30	2204	1.29	4.65	1.15	0.87

Dolgu miktarlarının kağıt içerisinde oranı artıkça düşük tutunma ve mukavemetlerde zayıflama problemleri görülmektedir. Tanecik yapısı olarak lif ve kırıntılara göre son derece küçük olan dolgu maddelerini mekanik/fiziksel tutunma ile kağıt içerisine kazandırmak son derece zordur. Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetler düşmektedir (Karademir ve ark., 2011).



Şekil 4.4. GCC dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri

4.5.1 GCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. GCC oranındaki artışa bağlı olarak kopma uzunluğu değerleri sırasıyla, 6330 m, 5707 m, 5249 m, 3770 m, 3408 m, 2311 m, ve 2204 m olarak bulunmuştur (Şekil 4.4). Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı arttıkça genel olarak kopma uzunluğu değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Dolgu maddelerinin ilave edilmesiyle lif-lif bağ sayısı azalmakta ve kağıdın direncinde düşmeler meydana gelmektedir. Bu sebeple kağıt üreticileri kağıt üreticileri, kağıt üretimi sırasında kullanılacak olan dolgu maddesi oranını direnç özelliklerini çok fazla düşürmeksizin belirlemelidirler (Haller ve ark., 2001).

Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı %0'dan %5 çıkarıldığında kopma uzunluk oranının %10.91; %5'den %10 çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %8.72; %10'dan %15 çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %39.23; %15'den %20 çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %10.62; %20'den %25 çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %47.46 ve %25'den %30 çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %4.85 oranında azaldığı gözlenmiştir. GCC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında kopma uzunluklarında ortalama yaklaşık %20 oranında azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4).

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi %0 GCC dolgu maddesi kullanımında kopma uzunluğu 6330 m iken %5' de 5707m, %10'da 5249m, %15'de 3770m, %20'de 3408m, %25'de 2311m ve %30'da ise 2204m olarak tespit edilmiştir.

Tutuş ve ark. (2013) yapmış oldukları bir çalışmada baskı kağıdını, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanarak test kağıtları üretmişlerdir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre kopma uzunluk değerlerini sırasıyla, 2079 m, 1740 m ve 1695m olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark olması halinde gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.12’de GCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağlı olarak kopma uzunluğu sonuçları değerlendirildiğinde, %15 ile %20 ve %25 ile %30 GCC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı tespit edilmiştir. Diğer GCC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. GCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Kopma Uzunluğu (m)	0	6330a	86	6235	6401	.000
	5	5707b	258	5436	5949	
	10	3770c	102	3656	3852	
	15	3408d	50	3356	3456	
	20	3408d	101	3310	3512	
	25	2257e	46	2230	2310	
	30	2258e	167	2072	2393	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.5.2 GCC oranının patlama indisi üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi ve GCC oranındaki artışa bağlı olarak patlama indisi değerleri sırasıyla 4.08, 3.73, 2.94, 2.45, 2.01, 1.38 ve 1.29 kPa.m²/g olarak bulunmuştur (Şekil 4.4). Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı arttıkça genel olarak patlama indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Kağıt içerisindeki dolgu maddesi oranı arttıkça üretilen kağıdın gramajı düşmekte ve kağıt içerisindeki tutunma ciddi anlamda zarar görmüştür. Dolgu maddesinin

katılımına bağı olarak, kağıtların kopma, patlama indislerinde ciddi düşüşler görülmektedir (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı %0'dan %5 çıkarıldığında patlama indisi oranının % 9.38; %5'den %10 çıkarıldığında %26.87; %10'dan %15 çıkarıldığında %20; %15'den %20 çıkarıldığında %21.89; %20'den %25 çıkarıldığında %45.65 ve %25'den %30 çıkarıldığında %6.97 oranında azaldığı gözlenmiştir. GCC dolgu oranı %5 arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında kopma uzunluklarında ortalama olarak yaklaşık %21.79 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.4).

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi %0 GCC dolgu maddesi kullanımında patlama indisi 4.08 bulunurken %5' de 3.73, %10'da 2.94, %15'de 2.45, %20'de 2.01, %25'de 1.38 ve %30'da 1.29 kPa.m²/g olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre patlama indisi değerleri sırasıyla, 1.14, 0.88 ve 0.89 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.13'te GCC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağı olarak patlama indisi sonuçları değerlendirildiğinde, %25 ile %30 GCC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Diğer GCC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. GCC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Patlama İndisi (kPa.m ² g ⁻¹)	0	4.08a	0.08	4.03	4.17	.000
	5	3.73b	0.04	3.70	3.77	
	10	2.94c	0.05	2.90	2.99	
	15	2.45d	0.12	2.36	2.59	
	20	2.01e	0.02	1.99	2.02	
	25	1.38f	0.02	1.36	1.40	
	30	1.29f	0.02	1.28	1.31	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.5.3 GCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiş ve GCC oranındaki artışa bağlı olarak yırtılma indisi değerleri sırasıyla, 7.99, 7.97, 6.24, 5.30, 5.12, 4.66 ve 4.65 mN.m²/g olarak bulunmuştur (Şekil 4.4). Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı arttıkça genel olarak yırtılma indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Kağıt içerisindeki dolgu maddesi lifler arası boşluklara yerleşerek lifler arasındaki bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetleri düşürmektedir. Ancak içerisinde aynı oranda dolgu maddesi tutunan ve aynı hamurdan üretilen kağıtlar değişken mukavemet özellikleri gösterebilir (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda GCC dolgu oranı %0'dan %5'e çıkarıldığında yırtılma indisi oranının % 0.25; %5'den %10'a çıkarıldığında %27.72; %10'dan %15'e çıkarıldığında %17.73; %15'den %20'e çıkarıldığında %3.51; %20'den %25'e çıkarıldığında %9.87 ve %25'den %30'a çıkarıldığında %0.21 oranında azaldığı belirlenmiştir. GCC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında yırtılma indisi değerleri de ortalama yaklaşık %9.88 oranında azalma olduğu belirlendi. (Şekil 4.4).

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi %0 GCC dolgu maddesi kullanımında yırtılma indisi %0'da 7.99 m.N.m² olarak bulunurken %5' de 7.97, %10'da 6.24, %15'de 5.30, %20'de 5.12, %25'de 4.66 ve %30'da 4.65 mN.m²/g olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş

%20, 25 ve 30 oranlarına göre yırtılma indisi değerleri sırasıyla; 0.83 0.83 ve 0.73 mN.m²/g olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark olması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek için Duncan testi yapıldı. Çizelge 4.14'te GCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağlı olarak yırtılma indisi sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %5 ve %25 ile %30 GCC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıkların olmadığı görülmüştür. Diğer GCC oranları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. GCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Yırtılma İndisi (mN.m ² .g)	0	7.99e	0.04	7.95	8.03	.000
	5	7.97e	0.01	7.96	7.98	
	10	624d	0.02	6.23	6.26	
	15	5.30c	0.07	5.23	5.36	
	20	5.12b	0.03	5.10	5.16	
	25	4.66a	0.05	4.60	4.69	
	30	4.65a	0.05	4.60	4.69	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.5.4 GCC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi

GCC oranı % 0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirilmiştir. GCC oranındaki artışa bağlı olarak hacimlilik değerleri sırasıyla, 1.47, 1.45, 1.12, 1.26, 1.38, 1.11 ve 1.15 cm³/g, yoğunluk değerleri ise sırasıyla, 0.71, 0.69, 0.90, 0.80, 0.72, 0.90 ve 0.87 g/cm³ olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki dolgu maddesi artışı ile hacimlilik ve yoğunlukta azımsanacak değerlerde dalgalanma tespit edilmiştir.

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'nin kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada ve belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulmuş hacimlilikleri sırasıyla, 15.6, 15.6, 1.48, 1.56, 1.51, 1.57 ve 1.59 cm³/g, yoğunluk ise 0.64, 0.64, 0.67, 0.64, 0.66, 0.64 ve 0.63 g/cm³ olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

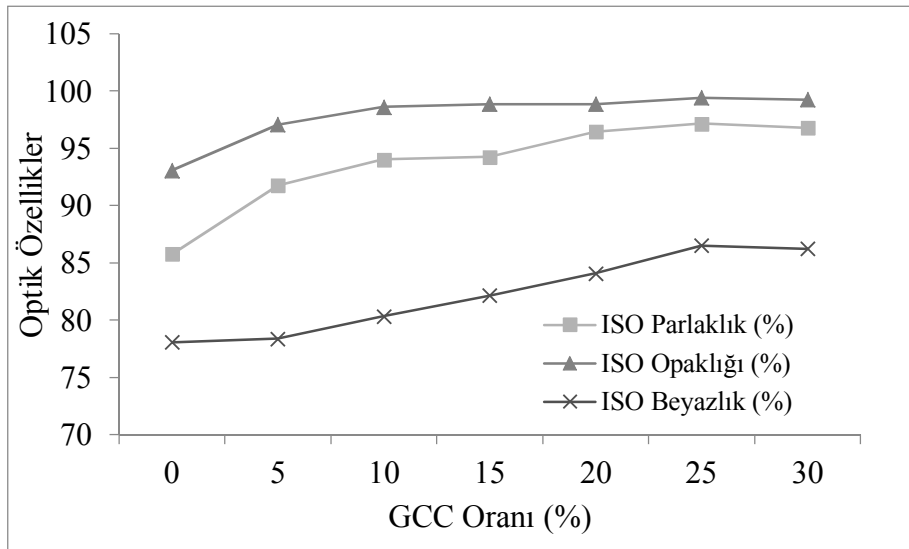
4.6 GCC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

GCC Dolgulu test kağıtlarının optik özellik değerlerine standartlara uygun olarak Elrepho test cihazında bakılmıştır. Elde edilen optik özellik değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. GCC Dolgulu test kağıtlarının optik özellikleri

GCC (%)	ISO Parlaklık (%)	Sarılık (E 313)	ISO Opaklığı (%)	ISO Beyazlık (%)	Kül Oranı (%)	Yüzey Pürüzlülük
%0	85.79	-12.00	93.07	78.08	0.03	2.925
%5	91.75	-12.80	97.07	78.39	4.17	2.336
%10	94.04	-20.99	98.61	80.35	8.42	2.422
%15	94.25	-18.20	98.86	82.16	13.20	2.491
%20	96.46	-18.26	98.85	84.07	17.37	2.489
%25	97.15	-15.23	99.41	86.52	21.86	2.529
%30	96.80	-15.21	99.26	86.23	25.10	2.710

Kağıdın optik özellikleri olan parlaklık, sarılık, opaklık, beyazlık ve yüzey pürüzlülüğü yazı tabı kağıtlarında baskı kalitesini yükseltmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).



Şekil 4.5. GCC Dolgulu kağıtların optik özellikleri

4.6.1 GCC oranının parlaklık üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirilmiştir. GCC oranındaki artışa bağlı olarak parlaklık değerleri sırasıyla, %85.79, 91.75, 94.04, 94.25, 96.46, 97.15 ve 96.80 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı artıkça parlaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

GCC'ın kağıt endüstrisinde dolgu maddesi olarak kullanılmasıyla uygun reolojik özellik göstermesi, yüksek katı içeriği, makine üzerinde verimli çalışma vermesi, düşük yapıştırıcı isteği, yüksek parlaklık, daha iyi optik beyazlatıcı etkisi ve iyi baskı kalitesi gibi olumlu etkiler sağlamaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Yapılmış olan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre parlaklık değerleri %82.12 ,81.70 ve 82.15 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulanmış; işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.16'da GCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağlı olarak parlaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %10 ile %15 ve %20 ile %30 ve %25 ile %30 GCC arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıklarının olmadığı tespit edilmiştir. Diğer GCC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. GCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Parlaklık (ISO)	0	85.79e	0.45	85.36	86.25	.000
	5	91.75d	0.48	91.32	92.26	
	10	94.04c	0.43	93.54	94.32	
	15	94.25c	0.08	94.17	94.32	
	20	96.46b	0.30	96.26	96.80	
	25	97.15a	0.10	97.07	97.26	
	30	96.80ab	0.17	96.62	96.96	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.6.2 GCC oranının sarılık üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. GCC oranındaki artışa bağlı olarak sarılık değerleri sırasıyla, -12.00, -12.80, -20.99, -18.20, -15.23 ve -15.21 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı artıkça sarılık değerlerinin de iyileştiği tespit edilmiştir.

Dolgu ve kaplama mineralleri kağıdın yıpranma özelliğini azaltmakta ve özellikle içerisinde dolgu maddesi olarak kalsit kullanılan kağıtlar asırlar boyunca niteliklerini muhafaza etmektedir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş %20, 25 ve 30 oranlarına göre sarılık değerleri -5.94, -5.29, -5.30 ve -5.30 olarak tespit edilmiştir (Tutuş, ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.17'de GCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağlı olarak sarılık sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %5 ve %15 ile %20 ve %25 ile %30 GCC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı görülmüştür. Diğer GCC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. GCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Sarılık (E313)	0	-12.00d	0.04	-12.03	-11.96	.000
	5	-12.80d	0.16	-12.98	-12.69	
	10	-20.99a	0.06	-21.05	-20.93	
	15	-18.20b	0.14	-18.33	-18.06	
	20	-18.26b	0.06	-18.33	-18.21	
	25	-15.23c	0.09	-15.33	-15.15	
	30	-15.21c	0.12	-15.33	-15.09	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.6.3 GCC oranının opaklık üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. GCC oranındaki artışa bağlı olarak opaklık değerleri, %93.07, 97.07, 98.61, 98.86, 98.85, 99.41 ve 99.26 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı arttıkça opaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

Kağıt endüstrisinde kuşeleme de kullanılan dolgu maddeleri içerisinde kalsiyum karbonat ikinci sırada yer almaktadır ve kağıda beyazlık, opaklık ve özellikle iyi mürekkep emme özelliği vermektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre opaklık değerleri sırasıyla %97.70, 97.64 ve 97.66 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.18'de GCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. GCC oranının artışına bağlı olarak opaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %10, %15 ile %20 ve %25 ile %30 GCC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı belirlenmiştir. Diğer GCC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. GCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Opaklık (ISO)	0	93.07d	0.21	92.85	93.26	.000
	5	97.07c	0.05	97.03	97.13	
	10	98.61b	0.16	98.43	98.75	
	15	98.86b	0.08	98.80	98.95	
	20	98.85b	0.09	98.77	98.95	
	25	99.41a	0.44	98.95	99.83	
	30	99.26ab	0.49	98.95	99.83	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.6.4 GCC oranının beyazlık üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiş ve GCC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %78.08, 78.39, 80.35, 82.16, 84.07, 86.51 ve 86.23 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı arttıkça beyazlık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

Renkli ofset baskı tekniğinin gelişmesiyle yüksek beyazlık ve opaklığa sahip kağıtlara ihtiyaç duyulmuş ve bu yüzden dolgu ve kaplama pigmenti olarak kağıda yüksek beyazlık veren kalsiyum karbonat kullanımı artmıştır (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre beyazlık değerleri sırasıyla %77.93 78.01 ve 78.38 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulandı; analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.19'da GCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiş ve GCC oranının artışına bağlı olarak beyazlık sonuçları değerlendirildiğinde, %0 ile %5 ve %25 ile %30 GCC ECC arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı görülmüştür. Diğer ECC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. GCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	GCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Beyazlık (ISO)	0	78.08e	0.75	77.44	78.91	.000
	5	78.39e	0.03	78.36	78.42	
	10	80.35d	0.08	80.27	80.42	
	15	82.16c	0.71	81.36	82.70	
	20	84.07b	0.31	83.73	84.32	
	25	86.52a	0.18	86.32	86.68	
	30	86.23a	0.11	86.11	86.32	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.6.5 GCC oranının kül oranı üzerine etkisi

GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir, GCC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %0.03, 4.17, 8.42, 13.20, 17.37, 21.86 ve 25.10 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı artıkça buna bağlı olarak kül oranının da arttığı tespit edilmiştir.

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'nin kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi incelenen bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulup kül oranları sırasıyla %3.5, 28.3, 25.8, 24.4 25.4, 26.7 ve 26.4 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

4.6.6 GCC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi

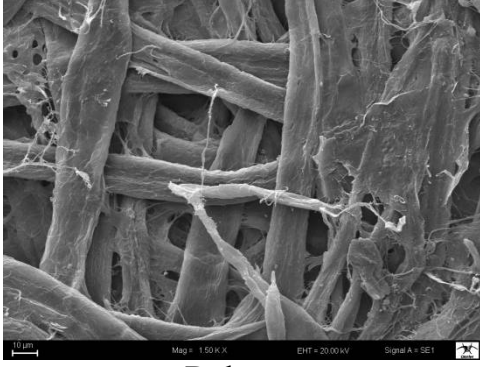
GCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiş ve GCC oranındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerleri, 2.925, 2.336, 2.422, 2.491, 2.489, 2.529 ve 2.710 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde GCC oranı artıkça yüzey pürüzlülük değerlerinin de değiştiği tespit edilmiştir.

4.7 GCC SEM Görüntüleri

Aşağıdaki SEM görüntülerinden de anlaşıldığı gibi GCC oranının artışına bağlı olarak lifler arasında tutunan GCC dolgu maddesinin belirgin olarak arttığı görülmektedir.

Yazı tabı kağıdı standartlarına uygun olarak elde edilen %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında GCC dolgulu ve dolgunsuz test kağıtlarının morfolojik görüntüleri ZEIZZ marka taramalı elektron mikroskopunda (SEM) 1500X ve 2000X büyütme ile belirlenmiş ve SEM görüntüleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

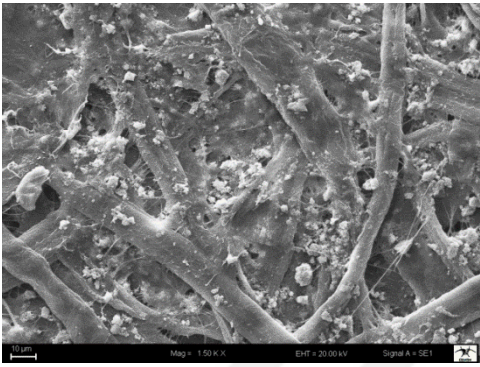
SEM görüntülerindeki dolgu maddesi oranlarının artışı kül tayini ile doğrulanmış ve Çizelge 4.15'te gösterildi. SEM görüntülerinden de görüldüğü üzere lifler arasına yerleşen dolgu maddelerinin (GCC) lifler arasındaki bağ yapma sayısını ve lif-lif bağ yapımını azalttığı ve böylece kağıdın fiziksel özelliklerinin azalmasına neden olduğu açık bir şekilde tespit edilmiştir.



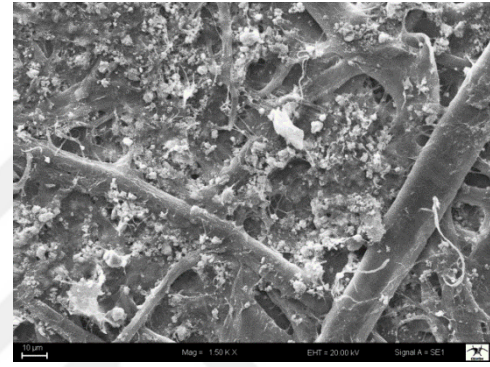
Dolgunuz



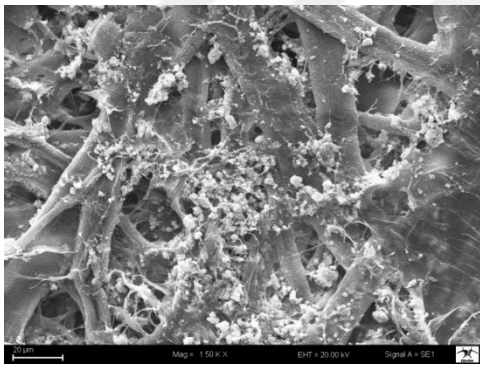
%10 Alkali (Dolgunuz)



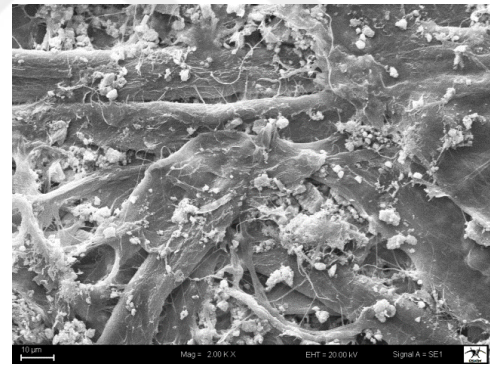
%5 GCC



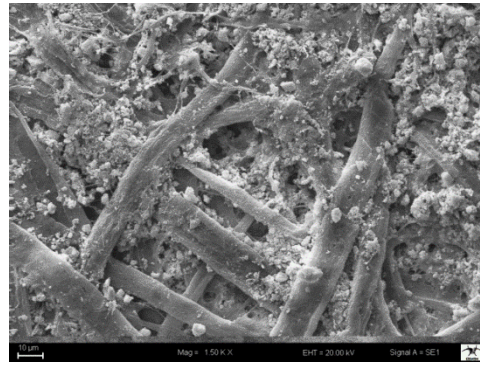
%10 GCC



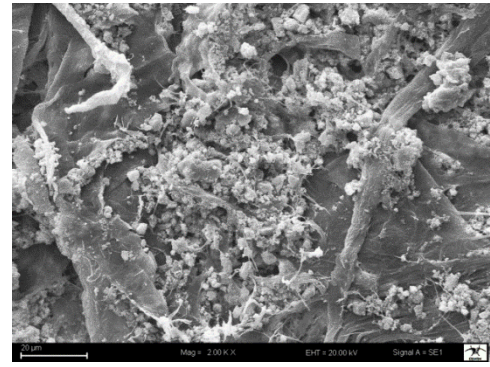
%15 GCC



%20 GCC



%25 GCC



%30 GCC

Şekil 4.6. GCC Dolgulu ve dolgunuz kağıtların sem görüntüsü (%5, 10, 15, 20, 25 ve30)

4.8 PCC Dolgulu Kağıtların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular

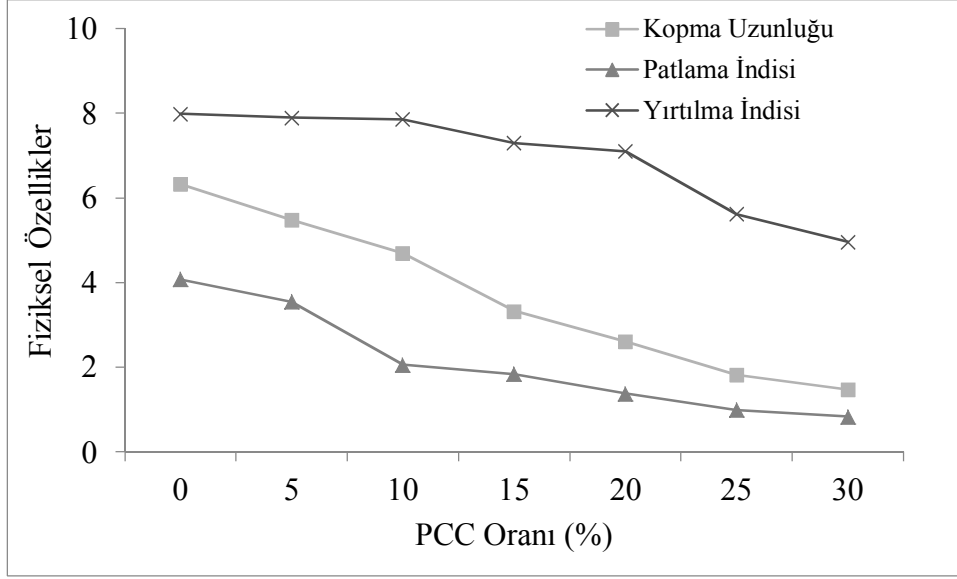
Atık kağıtların geri dönüşümüyle elde edilen kağıt hamuru daha önce metot bölümünün birinci basamağında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Metot bölümünün 3. ana basamağı olan yazı tabı kağıdı üretimi %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında PCC dolgusu ve kağıt katkı kimyasalları katılarak Rapid Köthen kağıt makinesinde test kağıtları üretilmiştir. Üretilen test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.20’de PCC katkılı üretilen test kağıtlarının kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi, hacimlilik ve yoğunluk gibi fiziksel özellik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.20. PCC Dolgulu test kağıtlarının fiziksel özellikleri

PCC (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Hacimlilik (cm ³ /g)	Yoğunluk (g/cm ³)
%0	6330	4.08	7.99	1.47	0.71
%5	5488	3.55	7.90	1.48	0.68
%10	4694	2.06	7.86	1.52	0.66
%15	3332	1.84	7.30	1.45	0.69
%20	2612	1.38	7.10	1.43	0.70
%25	1822	0.99	5.62	1.39	0.72
%30	1479	0.83	4.96	1.44	0.70

Kağıt içerisinde dolgu miktarlarının oranı artıka düşük tutunma ve mukavemetlerde zayıflama problemleri görülmektedir. Tanecik yapısı olarak lif ve kırıntılara göre son derece küçük olan dolgu maddelerini mekanik/fiziksel tutunma ile kağıt içerisine kazandırmak son derece zordur. Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetler düşmektedir (Karademir ve ark., 2011).



Şekil 4.7. PCC Dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri

4.8.1 PCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi. PCC oranındaki artışa bağlı olarak kopma uzunluğu değerleri sırasıyla, 6330 m, 5448 m, 4694 m, 3332 m, 2612 m, 1822 m ve 1479 m olarak bulunmuştur (Şekil 4.7). Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı arttıkça genel olarak kopma uzunluğu değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Kağıt içerisinde dolgu maddesi olarak kullanılan PCC, GCC ve kaolin minerallerinin miktarlarındaki artışı ile kağıdın, mukavemet özelliklerini düşürmektedir. Ancak PCC dolgusunun tanecik boyutu GCC ve kaoline göre daha büyük olmasına rağmen, aynı oranlarda kağıt içerisinde kullanıldığında PCC dolgulu kağıtların daha yüksek mukavemet özellikleri göstermektedir (Tutuş ve ark., 2012).

Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı %0'dan %5'e çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %15.34; %5'den %10'a çıkarıldığında %16.91; %10'dan %15'e çıkarıldığında %40.87; %15'den %20'e çıkarıldığında kopma uzunluk oranı % 27.56; % 20'den %25'e çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %43.35 ve %25'den %30'a çıkarıldığında kopma uzunluk oranı %23.19 olarak azaldığı gözlenmiştir. PCC dolgu oranı %5 oranında artırılmış ve her %5'lik dolgu maddesi artışında kopma uzunluklarında ortalama %27.87 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi %0 PCC dolgu maddesi kullanımında kopma uzunluğu 6330 m bulunurken %5, 10,15, 20, 25 ve 30 oranlarında PCC dolgu maddesi

kullanımında ise sırasıyla 5488m, 4694m, 3332m, 2612m, 1822m ve 1479m olarak tespit edilmiştir.

Yapılmış olan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde PCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş %20, 25 ve 30 oranlarında kopma uzunluk değerleri sırasıyla 1544 m, 1246 m ve 1016 m olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.21’de PCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak kopma uzunluğu sonuçları değerlendirildiğinde, PCC oranları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. PCC oranının kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Kopma Uzunluğu (m)	0	6330g	86	6235	6401	.000
	5	5488f	80	5423	5578	
	10	4694e	89	4632	4796	
	15	3332d	25	3306	3356	
	20	2612c	27	2586	2640	
	25	1822b	14	1808	1835	
	30	1479a	15	1466	1496	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.8.2 PCC oranının patlama indisi üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak patlama indisi değerleri, 4.08, 3.55, 2.06, 1.84, 1.38, 0.99 ve 0.83 kPa.m²/g olarak bulunmuştur (Şekil 4.7). Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı arttıkça genel olarak patlama indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Kağıt içerisine katılan dolgu tanecikleri ise oluşacak lif-lif bağlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Tutunan dolgu madde miktarı çok az olsa bile kağıt mukavemetini olumsuz yönde ciddi derecede etkilemektedir (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı %0'dan %5'e çıkarıldığında patlama indisinin oranı % 14.92; %5'den %10'a çıkarıldığında %72.33; %10'dan %15'e çıkarıldığında %11.95; %15'den %20'ye çıkarıldığında %33.33; %20'den %25'e çıkarıldığında %39.39 ve %25'den %30'a çıkarıldığında ise %19.27 oranında azaldığı gözlenmiştir. PCC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında kopma uzunluklarında ortalama yaklaşık %31.86 oranında azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi %0 PCC dolgu maddesi kullanımında patlama indisi 4.08 kPa.m²/g %5' de 3.55, %10'da 2.06, %15'de 1.84, %20'de 1.38, %25'de 0.99 ve %30'da 0.83 kPa.m²/g olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre patlama indisi değerleri sırasıyla, 0.82 0.50 0.42 kPa.m²/g olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Elde edilen verilere önce varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.22'de PCC oranının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak patlama indisi sonuçları değerlendirildiğinde, PCC oranları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. PCC oranlarının patlama indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Patlama İndisi (kPa.m ² g ⁻¹)	0	4.08a	0.08	4.03	4.17	.000
	5	3.55b	0.02	3.53	3.56	
	10	2.06c	0.02	2.04	2.08	
	15	1.84d	0.02	1.82	1.86	
	20	1.38e	0.02	1.36	1.39	
	25	0.99f	0.01	0.98	1.00	
	30	0.83g	0.03	0.81	0.86	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.8.3 PCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirildi ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak yırtılma indisi değerleri sırasıyla, 7.99, 7.90, 7.86, 7.30, 7.10, 5.62 ve 4.96 mN.m²/g olarak bulundu (Şekil 4.7). Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı arttıkça genel olarak yırtılma indisi değerlerinde çok belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genellikle lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilemekte ve kağıdı mukavemetleri düşmektedir. Fakat içerisinde aynı miktarda dolgu maddesi tutunduran ve aynı hamurdan üretilen kağıtlar farklı mukavemet özellikleri gösterebilmektedir. Kağıt içerisinde tutunan dolgu maddelerinin, kağıdın iç yapısında homojen dağılımı kalitesi ve oluşan flok ebatları en etkili unsurlardandır (Karademir ve ark., 2013).

Üretilen kağıtlarda PCC dolgu oranı %0'dan %5 çıkarıldığında yırtılma indisi %1.13; %5'den %10 çıkarıldığında yırtılma indisi oranı %0.5; %10'dan %15 çıkarıldığında yırtılma indisi oranı %7.67; %15'den %20 çıkarıldığında %2.81; %20'den %25 çıkarıldığında %26.33 ve %25'den %30 çıkarıldığında %22.84 oranında azaldığı gözlenmiştir. PCC dolgu oranı %5 birim arttırılmış olup her %5'lik dolgu maddesi artışında yırtılma indisi değerleri ortalama yaklaşık %10.21 azalma olduğu belirlenmiştir.

Şekilde 4.7'de görüldüğü gibi %0 PCC dolgu maddesi kullanımında yırtılma indisi 7.99 mN.m²/g olarak bulunurken; %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında PCC dolgu maddesi kullanımında ise sırasıyla 7.90, 7.86, 7.30, 7.10, 5.62 ve 4.96 mN.m²/g olarak belirlenmiştir.

Yapılmış olan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde GCC dolgulu test kağıtları fiziksel testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre yırtılma indisi değerleri sırasıyla 0.62 0.63 0.52 mN.m²/g olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması halinde gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.23'de PCC oranının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak yırtılma indisi sonuçları değerlendirildiğinde, %5 ile %10 PCC oranları arasında %5

yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı görülmüştür. Diğer PCC oranları arasında ise %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. PCC oranlarının yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Yırtılma İndisi (mN.m ² .g)	0	7.99a	0.04	7.95	8.03	.000
	5	7.90b	0.03	7.87	7.92	
	10	7.86b	0.05	7.82	7.92	
	15	7.30c	0.05	7.24	7.34	
	20	7.10d	0.05	7.05	7.14	
	25	5.62e	0.01	5.61	5.63	
	30	4.96f	0.01	4.95	4.97	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.8.4 PCC oranının hacimlilik ve yoğunluk üzerine etkisi

PCC %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiştir. PCC oranındaki artışa bağlı olarak hacimlilik değerleri sırasıyla, 1.47, 1.48, 1.52, 1.45, 1.43, 1.39 ve 1.44 cm³/g, yoğunluk değerleri sırasıyla, 0.71, 0.68, 0.66, 0.69, 0.70, 0.72 ve 0.70 g/cm³ olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki dolgu maddesi artışı ile hacimlilik ve yoğunlukta azımsanacak değerlerde dalgalanma tespit edilmiştir.

Tutuş ve ark. (2012) Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)'ın kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, GCC ve PCC dolgu maddelerini belirli oranlarda karıştırarak yazı tabı kağıtlarını üretmiş ve bu kağıtlara optik ve fiziksel testler uygulamışlardır. Hacimliliklerini sırasıyla 1.56, 1.56, 1.48, 1.56, 1.51, 1.57 ve 1.59 cm³/g, yoğunluklarını ise sırasıyla, 0.64, 0.64, 0.67, 0.64, 0.66, 0.64 ve 0.63 g/cm³ olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

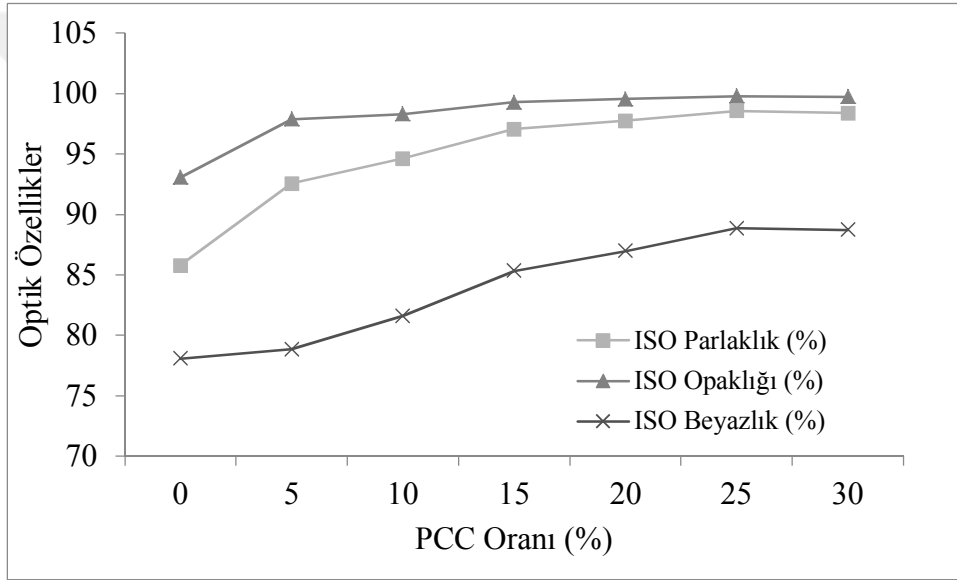
4.9 PCC Dolgulu Kağıtların Optik Özelliklerine Ait Bulgular

PCC dolgulu test kağıtlarının optik özellikleri standartlara uygun olarak Elrepho test cihazında incelenmiş ve elde değerler Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. PCC Dolgulu Test Kağıtlarının Optik Özellikleri

PCC (%)	ISO Parlaklık (%)	Sarılık (E 313)	ISO Opaklığı (%)	ISO Beyazlık (%)	Kül Oranı (%)	Yüzey Pürüzlülük
%0	85.79	-12.00	93.07	78.08	0.03	2.925
%5	92.57	-21.52	97.89	78.84	4.96	1.943
%10	94.63	-19.81	98.29	81.59	9.95	2.216
%15	97.05	-17.06	99.29	85.32	15.00	2.319
%20	97.75	-15.39	99.54	86.97	19.96	2.465
%25	98.56	-13.49	99.78	88.86	24.82	2.397
%30	98.38	-12.66	99.74	88.72	30.00	2.600

Kağıdın optik özellikleri olan parlaklık, sarılık, opaklık, beyazlık ve yüzey pürüzlülüğü yazı tabı kağıtlarında baskı kalitesini artırmaktadır.



Şekil 4.8. PCC Dolgulu kağıtların optik özellikleri

4.9.1 PCC oranının parlaklık üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirildi ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak parlaklık değerleri sırasıyla, %85.79, 92.57, 94.63, 97.05, 97.75, 98.56 ve 98.38 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde PCC oranı artıkça parlaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. (Şekil 4.8).

Kağıt içerisinde dolgu maddeleri olarak kullanılan GCC ve kaoline göre PCC dolgulu kağıtların daha iyi opaklık ve parlaklık özellikleri vermektedir. Çünkü PCC çok yüksek bir ışık saçma yeteneği ve içsel beyazlık, parlaklık ve kimyasal saflığa sahiptir. Daha şekil vermesi ve kağıt içerisinde oluşan boşluk hacimlerini doldurarak, kağıdın iç ışık dağılmasını artırmaktadır (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan çalışmalarda baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde PCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre parlaklık değerleri sırasıyla %83.03, 84.01 ve 85.19 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna bakılarak işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.25'te PCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak parlaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %5 ile %10, %15 ile %20, %25 ile %30 ve %20 ile %30 PCC oranları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıklarının olmadığı tespit edilmiştir. Diğer PCC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.25. PCC oranının parlaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Parlaklık (ISO)	0	85.79e	0.45	85.36	86.25	.000
	5	92.57d	0.41	92.13	92.93	
	10	94.63d	0.31	94.31	94.93	
	15	97.05c	0.78	96.17	97.65	
	20	97.75bc	0.09	97.65	97.83	
	25	98.56a	0.34	98.30	98.95	
	30	98.38ab	0.10	98.26	98.45	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.9.2 PCC oranının sarılık üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında değiştirilmiş ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak sarılık değerleri sırasıyla, -12.00, -21.52, -19.81, -17.06, -15.39, 13.49 ve -12.66 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki PCC oranı artıkça sarılık değerlerinin de iyileştiği tespit edilmiştir.

Dolgu ve kaplama mineralleri kağıdın yıpranma özelliğini azaltmakta ve özellikle içerisinde dolgu maddesi olarak kalsit kullanılan kağıtlar asırlar boyunca niteliklerini muhafaza etmektedir (Erkan ve Malayoğlu, 2001).

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde PCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre sarılık değerleri sırasıyla, -5.81, -5.20 ve -5.37 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Elde edilen verilere öncelikle varyans analizi uygulanmış; analiz sonuçları gözlemlendiğinde işlemler arasında istatistiksel fark bulunması halinde gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.26'da PCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak sarılık sonuçları değerlendirildiğinde, %25 ile %30 PCC oranları arasında %5 yanılma olasılığında belirgin farklılıklarının olmadığı görülmüştür. Diğer PCC oranları arasında ise %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. PCC oranının sarılık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Sarılık (E313)	0	-12.00a	0.04	-12.03	-11.96	.000
	5	-21.52f	0.14	-21.68	-21.43	
	10	-19.81e	0.15	-19.95	-19.65	
	15	-17.06d	0.13	-17.14	-16.91	
	20	-15.39c	0.44	-15.90	-15.13	
	25	-13.49b	0.36	-13.90	-13.23	
	30	-13.49b	0.36	-13.90	-13.23	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.9.3 PCC oranının opaklık üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirilmiş ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak opaklık değerleri sırasıyla, %93.07, 97.89, 98.29, 99.29, 99.54, 99.78 ve 99.74 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisinde PCC oranı artıkça opaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

Kağıt içerisine katılan dolgu maddeleri genellikle kağıdın, parlaklık, beyazlık ve opaklık gibi optik özelliklerini iyileştirerek kağıt kalitesini yükseltmektedir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde PCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre opaklık değerleri sırasıyla %97.98, 97.68 ve 98.58 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.27’de PCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak opaklık sonuçları değerlendirildiğinde, %5 ile %10 ve %15, %20, %25 ile %30 PCC oranları arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıklarının olmadığı belirlenmiştir. Diğer PCC oranları arasında %95 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıklarının olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.27. PCC oranının opaklık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Opaklık (ISO)	0	93.07c	0.21	92.85	93.26	.000
	5	97.89b	0.05	97.84	97.93	
	10	98.29b	0.70	97.84	99.10	
	15	99.29a	0.47	98.80	99.73	
	20	99.54a	0.20	99.34	99.73	
	25	99.78a	0.14	99.67	99.94	
	30	99.74a	0.20	99.55	99.94	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.9.4 PCC oranının beyazlık üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirildi ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %78.08, 78.84, 81.59, 85.32, 86.97, 88.86 ve 88.72 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki PCC oranı arttıkça beyazlık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

Kağıt sanayisinde kullanılan PCC dolgu maddesi kristal şekli ve kimyasal olarak farklı türlerde modifikasyon ürünleri elde edilebilme özellikleri ile diğer dolgu maddelerine kıyasla daha ön plana çıkmaktadır. PCC, aynı zamanda GCC ve kaoline nazaran daha parlak ve beyaz renktedir (Tutuş ve ark., 2012).

Yapılmış olan bir çalışmada baskı kağıdı, gazete ve ambalaj kağıdı geri dönüştürülmüş ve %20, 25 ve 30 oranlarında dolgu maddesi olarak doğal kalsiyum karbonat (GCC) ve çökeltilmiş kalsiyum karbonat (PCC) kullanılarak test kağıtları üretilmiştir. Baskılı kağıtların geri dönüşümünde PCC dolgulu test kağıtları optik testlere tabi tutulmuş ve %20, 25 ve 30 oranlarına göre beyazlık değerleri sırasıyla, %78.94, 80.30 ve 81.38 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2013).

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre işlemler arasında istatistiksel fark bulunması durumunda gruplanmaları veya kademeleri görebilmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Çizelge 4.28’de PCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. PCC oranının artışına bağlı olarak beyazlık sonuçları değerlendirildiğinde, %25 ile %30 PCC oranları arasında %95 güvenirlilik sınırında belirgin farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Diğer PCC oranları arasında %95 güvenirlilik sınırında ise belirgin farklılıklarının olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.28. PCC oranının beyazlık üzerine etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

	PCC Oranı (%)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum	Sig.
Beyazlık (ISO)	0	78.08f	0.75	77.44	78.91	.000
	5	78.84e	0.11	78.74	78.95	
	10	81.59d	0.31	81.39	81.95	
	15	85.32c	0.30	85.08	85.65	
	20	86.97b	0.34	86.65	87.33	
	25	88.86a	0.19	88.65	89.00	
	30	88.72a	0.19	88.58	88.93	

-Aynı harflerle verilen ortalama değerler arasında Duncan testine göre önemli derecede farklılıklar bulunmamaktadır.

4.9.5 PCC oranının kül oranı üzerine etkisi

PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirilmiş ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak beyazlık değerleri sırasıyla, %0.03, 4.96, 9.95, 15.00, 19.96, 24.82 ve 30.00 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki PCC oranı arttıkça kül oranının da arttığı tespit edilmiştir.

Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC)’ın kağıdın optik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada GCC ve PCC dolgu maddeleri bir arada belirli oranlarda karıştırılıp yazı tabı kağıtları üretilmiştir. Üretilen yazı tabı kağıtları optik ve fiziksel testlere tabi tutulmuş ve kül oranları sırasıyla %3.5, 28.3, 25.8, 24.4 25.4, 26.7 ve 26.4 olarak tespit edilmiştir (Tutuş ve ark., 2012).

4.9.6 PCC oranının yüzey pürüzlülük üzerine etkisi

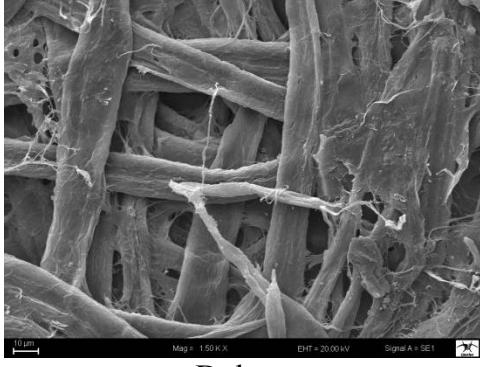
PCC oranı %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 olarak değiştirilmiş ve PCC oranındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla, 2.925, 1.943, 2.216, 2.319, 2.465, 2.397 ve 2.600 olarak bulunmuştur. Kağıt içerisindeki PCC oranı arttıkça kül oranının da arttığı tespit edilmiştir.

4.10 PCC SEM Görüntüleri

Aşağıdaki SEM görüntülerinden de anlaşıldığı gibi PCC oranının artışına bağlı olarak lifler arasında tutunan PCC dolgu maddesinin belirgin olarak arttığı görülmektedir.

Yazı tabı kağıdı standartlarına uygun olarak %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında elde edilen PCC dolgulu ve dolgusuz test kağıtlarının morfolojik görüntüleri ZEIZZ marka taramalı elektron mikroskopunda (SEM) 1500X ve 2000X büyütme ile belirlenmiş ve PCC dolgulu kağıtların SEM görüntüsü Şekil 4.9'da verilmiştir.

SEM görüntülerindeki dolgu maddesi oranlarının artışı kül tayini ile doğrulanmış olup Çizelge 4.24'te gösterilmiştir. SEM görüntülerinden de görüldüğü üzere lifler arasında yerleşen dolgu maddeleri (PCC) lif aralarına girerek lifler arasındaki bağ yapma sayısını ve lif-lif bağ yapımını azalttığı ve böylece kağıdın fiziksel özelliklerinin azalmasına neden olduğu açık bir şekilde tespit edilmiştir.



Dolgunuz



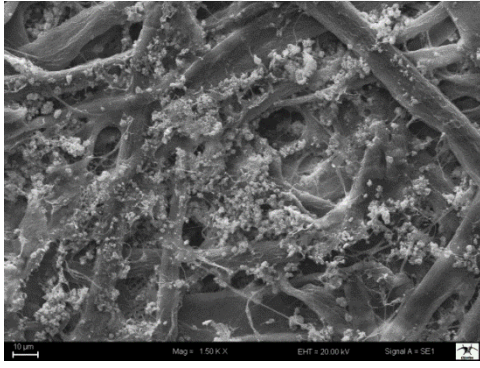
%10 Alkali (Dolgunuz)



%5 PCC



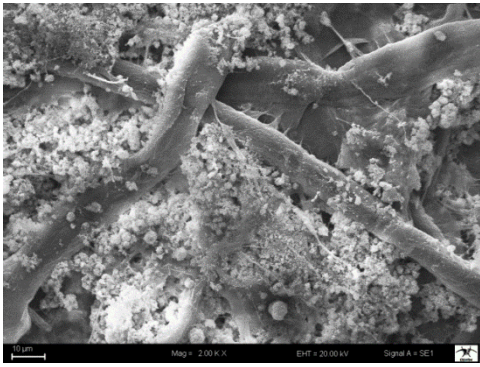
%10 PCC



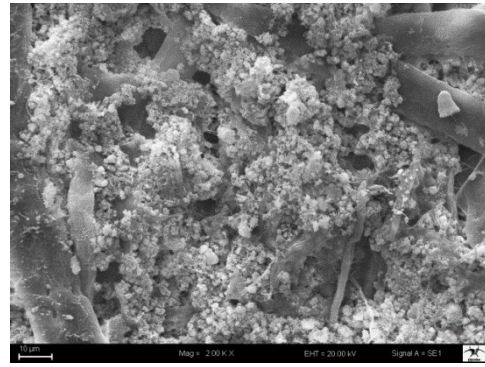
%15 PCC



%20 PCC



%25 PCC



%30 PCC

Şekil 4.9. PCC Dolgulu ve dolgunuz kağıtların sem görüntüsü (%5, 10, 15, 20, 25 ve 30)

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada atık ofis kağıdı hamurlarına belirli oranlarda ECC, GCC ve PCC dolgu maddeleri belirli oranlarda katılarak yazı tabı kağıtları üretilmiş ve üretilen test kağıtlarına fiziksel ve optik testler uygulanmıştır. Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1’de ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri toplu olarak verilmiştir.

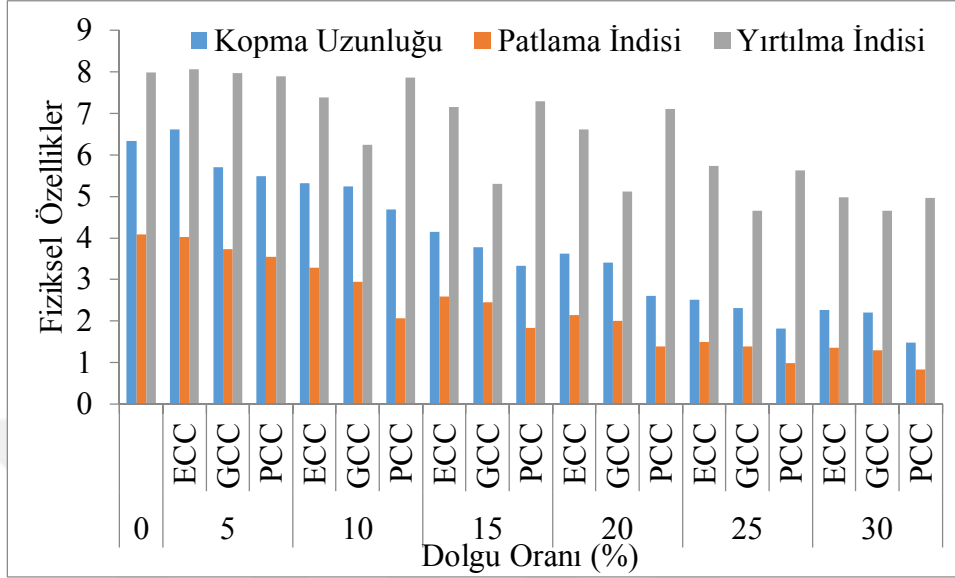
Çizelge 5.1. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların fiziksel özelliklerinin test sonuçları

Dolgu Oranı (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Hacimlilik (cm ³ /g)	Yoğunluk (g/cm ³)
0	6330a	4.08a	7.99ab	1.47	0.71
5 ECC	6611a	4.03a	8.07a	1.51	0.66
10 ECC	5314b	3.28b	7.39abc	1.39	0.72
15 ECC	4154c	2.59c	7.15bc	1.46	0.68
20 ECC	3622d	2.15d	6.62c	1.47	0.68
25 ECC	2519e	1.49e	5.73d	1.40	0.71
30 ECC	2273e	1.35e	4.98d	1.53	0.65
5 GCC	5707b	3.73b	7.97e	1.45	0.69
10 GCC	3770c	2.94c	6.24d	1.12	0.90
15 GCC	3408d	2.45d	5.30c	1.26	0.80
20 GCC	3408d	2.01e	5.12b	1.38	0.72
25 GCC	2257e	1.38f	4.66a	1.11	0.90
30 GCC	2258e	1.29f	4.65a	1.15	0.87
5 PCC	5488f	3.55b	7.90b	1.48	0.68
10 PCC	4694e	2.06c	7.86b	1.52	0.66
15 PCC	3332d	1.84d	7.30c	1.45	0.69
20 PCC	2612c	1.38e	7.10d	1.43	0.70
25 PCC	1822b	0.99f	5.62e	1.39	0.72
30 PCC	1479a	0.83g	4.96f	1.44	0.70

Çizelge 5.1’deki dolgu türünün ve oranların değişimi ile elde edilen yazı tabı kağıtlarının fiziksel test sonuçları şu şekilde sıralanmıştır.

1. Kağıt içerisindeki dolgu madde miktarı arttıkça kopma uzunluk değerlerinin azaldığı ve ECC dolgu kağıtların, GCC ve PCC dolgulu kağıtlara kıyasla kopma uzunluklarının yüksek olduğu, ancak dolgu oranının artmasıyla bu değerlerinde azaldığı tespit edilmiştir.
2. Kağıdın fiziksel özelliği olan patlama indisinin dolgu oranının artmasıyla azaldığı ECC dolgulu kağıtların patlama indislerinin ise GCC ve PCC dolgulu kağıtlara kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiştir.
3. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların yırtılma indisleri dolgu oranlarının artmasıyla azaldığı belirlenmiştir.
4. ECC, GCC ve PCC dolgu oranlarının artması ile kağıtların hacimlilik ve yoğunluk değerlerinde dalgalanmalar görülmüştür.

5. İstatistik analiz sonuçları ve ekonomiklik dikkate alındığında yazı tabı kağıdı için en iyi fiziksel test sonuçlarının %25 ECC, %25 GCC ve %20 PCC dolgu oranlarında elde edildiği belirlenmiştir.



Şekil 5.1. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların fiziksel özellikleri

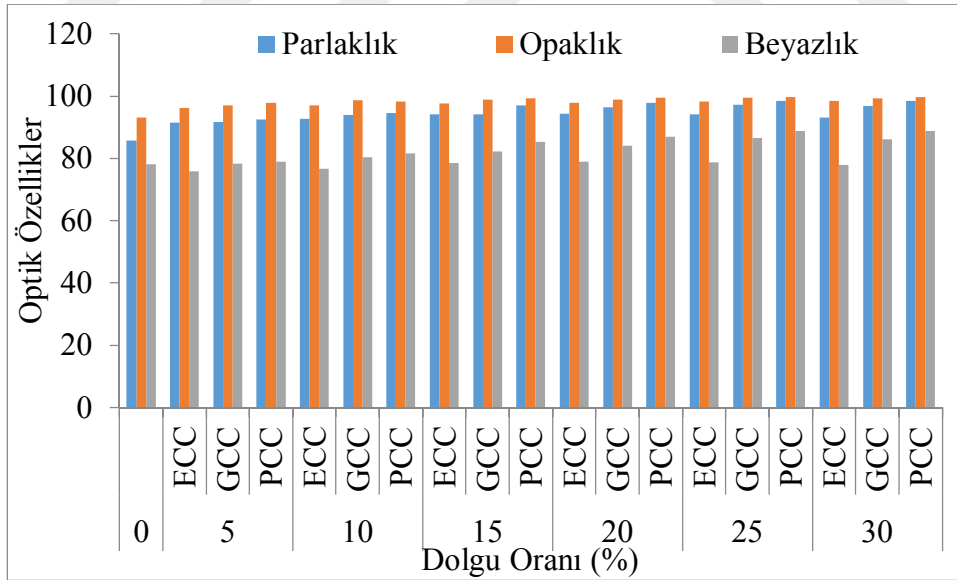
ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların optik özelliklerinin test sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların optik özelliklerin test sonuçları

Dolgu Oranı (%)	ISO Parlaklık (%)	Sarıklık (E 313)	ISO Opaklığı (%)	ISO Beyazlık (%)	Kül Oranı (%)	Yüzey Pürüzlülük
%0	85.79d	-12.00f	93.07e	78.08b	0.03	2.925
5 ECC	91.42c	-25.08a	96.29d	75.91d	5.23	2.330
10 ECC	92.63b	-24.64ab	96.93cd	76.74c	7.97	2.686
15 ECC	94.05a	-24.14bc	97.57c	78.59a	13.94	2.988
20 ECC	94.26a	-23.78cd	97.76bc	79.01ab	18.96	2.945
25 ECC	94.19a	-23.92cd	98.35ab	78.83ab	21.02	3.476
30 ECC	93.08b	-23.52e	98.47a	77.90c	25.16	3.878
5 GCC	91.75d	-12.80d	97.07c	78.39e	4.17	2.336
10 GCC	94.04c	-20.99a	98.61b	80.35d	8.42	2.422
15 GCC	94.25c	-18.20b	98.86b	82.16c	13.20	2.491
20 GCC	96.46b	-18.26b	98.85b	84.07b	17.37	2.489
25 GCC	97.15a	-15.23c	99.41a	86.52a	21.86	2.529
30 GCC	96.80ab	-15.21c	99.26ab	86.23a	25.10	2.710
5 PCC	92.57d	-21.52f	97.89b	78.84e	4.96	1.943
10 PCC	94.63d	-19.81e	98.29b	81.59d	10.51	2.216
15 PCC	97.05c	-17.06d	99.29a	85.32c	17.40	2.319
20 PCC	97.75bc	-15.39c	99.54a	86.97b	22.00	2.465
25 PCC	98.56a	-13.49b	99.78a	88.86a	26.42	2.397
30 PCC	98.38ab	-13.49b	99.74a	88.72a	32.45	2.600

Çizelge 5.2 ve Şekil 5.2'deki dolgu türünün ve oranların değişimi ile elde edilen yazı tabı kağıtlarının optik özelliklerin test sonuçları şu şekilde sıralanmıştır.

1. Kağıdın baskı kalitesinin bir özelliği olan parlaklık değerleri kağıttaki dolgu miktarının artması ile yükselmektedir. Çizelge 5.2'de görüldüğü değerlerini ECC, GCC ve PCC dolgu maddelerinin kağıdın parlaklık değerlerini artırdığı gözlemlenmiştir.
2. ECC, GCC ve PCC dolgu maddelerinin kağıdın sarılık değerleri üzerinde pozitif ve negatif etkiler gösterdiği ve ECC dolgusunun sarılık değerlerini olumlu yönde daha fazla düşürdüğü tespit edilmiştir.
3. ECC, GCC ve PCC gibi dolguların kağıdın opaklık değerlerini artırdığı ve ECC dolgusunun kağıda katılan miktarının artırılmasıyla opaklık değerlerinde iyileşme sağladığı tespit edilmiştir.
4. ECC, GCC ve PCC dolgularının kağıda katılma oranları ile beyazlık değerlerinin arttığı belirlenmiştir.
5. İstatistiksel analiz sonuçları ve ekonomiklik dikkate alındığında yazı tabı kağıdı için en iyi optik test sonuçlarının %25 ECC, %25 GCC ve %25 PCC dolgu oranlarında elde edildiği belirlenmiştir.



Şekil 5.2. ECC, GCC ve PCC dolgulu kağıtların optik özellikleri

Sonuç olarak kullanılan dolgu maddelerinin kağıdın optik özelliklerini iyileştirdiği ancak fiziksel özellik parametrelerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ECC, GCC ve PCC dolgu maddelerinin kağıt üzerindeki etkileri karşılaştırılmış ve ECC

dolgunun kağıdın fiziksel özellikleri arttırdığı fakat diğer dolgularla kıyaslandığında optik özellikler üzerinde benzer etkiler gösterdiği tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmada elde edilen endüstriyel sonuçların uygulamaya endüstriyel olarak aktarılabilmesi mümkün olup bilimsel ve endüstriyel benzer alanlardaki çalışmalarda kullanabilme potansiyeli bulunmaktadır. Bu araştırma, ülkemizde bu alanda ve bundan sonra yapılacak olan bilimsel ve teknolojik araştırmalara ve endüstriyel uygulamalara temel oluşturacak niteliktedir. ECC dolgu maddesinin kağıt endüstrisinde diğer dolgular gibi kolaylıkla kullanılabilmesi ve katma değeri yüksek olan ürünlere dönüştürülebileceği önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Andaç, Y., 2012. Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kağıttan Yeni Kağıt Üretiminin İrdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. Ankara. Sayı 121. s:68-73
- Anonim, 2009. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi. Kağıt Ürünleri Sanayii. Ankara.
- Anonim, 2014. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri. Kağıt ve Karton Sektör Raporu. Ankara.
- Anonim, 2016a. Selüloz ve Kağıt Sanayii 2014 Yıllık Raporu. Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı Yayınları. İstanbul.
- Anonim, 2016b. Yumurta Tavukçuluğu Verileri. Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği. Ankara.
- Bajpai, P., 2014. Recycling and Deinking of Recovered Paper. Elsevier Inc.. London. p.304
- Bozkurt, C., 2012. Atık Kağıt Geri Dönüşüm Liflerinden Üretilen Kağıtların Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Dalkılıç, Y., 2012. Atık Kağıt Geri Dönüşümünde Karşılaşılan Sorunlar. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Erentürk, Ş., 2014. Birincil Liflere Atık Kağıt Lifi ve Kuru Sağlamlık Maddesi İlavesinin Kağıdın Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bartın.
- Erkan, Z.E., ve Malayoğlu, U., 2001. Kağıt-Karton Sanayiinde Kullanılan Endüstriyel Hammaddeler ve Özellikleri. IV. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 18-19 Ekim 2001. Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği. İzmir s.250-257
- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Karadeniz Teknik Üniversitesi Ders Kitabı Cilt I. ISBN 975-98513-1-8 Trabzon.
- FAOSTAT, 2014. Birleşmiş Milletler Dünya Tarım ve Gıda Örgütü İstatistikleri internet sitesi. <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>: (20.11.2017).

- Karademir, A., Varlıbaş, H., Çiçekler, M., 2013. Kağıt Üretiminde CaCO₃ Dolgu Maddesinin Kimyasal Tutunması Üzerinde Bir Araştırma: *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Isparta. s.48-52
- Karademir, A., Varlıbaş, H., Çiçekler, M., Tutuş, A., ve İmamoğlu, S., 2011. Beyaz Kağıt Üretiminde Dolgu Maddesi Tutunma Denemeleri. 1. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi. Kahramanmaraş.
- Karıncaoğlu, M., 2010. Kağıt ve Karton Üretimi. I.Cilt-Üretim Hattı İzmir
- Kırcı, H., 2000. Atık Kağıt Geri Kazanma Teknolojisi. KTÜ Basımevi. Trabzon.
- Kıllı, U., 2015. Atık Ofis Kağıtlarından Temizlik Kağıdı Üretimi. Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği. Kahramanmaraş.
- Koltka, S., ve E, Sabah., 2012. Boya sektörü ve sentetik (çöktürülmüş) kalsiyum karbonat (PCC) 8. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 29-30 Kasım s. 47-56
- Özdemir, F., 2006. Ofis, Oluklu, Kuşe ve Gazete Atık Kağıtlarına Reçine ve Şap İlavesinin Kağıt Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
- Sargın, O,Ş., 2008. Presipite Kalsiyum Karbonat (PCC) Üretim Yönteminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Şahin, T, H., 2016. Atık Kağıt Geri Dönüşüm İşlemlerinde Genel Esaslar ve Mürekkep Uzaklaştırma İşlemi: Derleme Makalesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt:4. No:7 s.31-37 Haziran.
- Şahin, H, T., 2009. Atık Kağıt Özelliklerinin Geri Dönüşüme Etkisi: *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. s.119-125. Artvin.
- Şengül, M., 2010. Kağıt ve Karton Ürünleri, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.

- Thomson, C.G., 1992. Recycled Papers. The Essential Guide. MIT press. Cambridge. London. UK.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Kazaskeroğlu, Y., Müdüroğlu, M., 2012. Effects of Precipitated Calcium Carbonate (PCC) on Optical and Physical Properties of Paper. 8th International Minerals Symposium. pp.147-152. İstanbul/Turkey.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, A., Okan, O.T., 2013. Effects of Precipitated Calcium Carbonate (PCC) on Optical Properties of Waste Paper, International Caucasian Forestry Symposium. pp.884-887. Artvin/Turkey.
- Tutuş, A., 2015. Atık Ofis Kağıtlarından Temizlik Kağıdı Üretimi: KSÜ Orman Fakültesi. Orman Endüstri Müh. 7. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi. Gaziantep.
- Tutuş, A., 2016. Diyarbakır İlindeki Atıklardan Kağıt Üretimi: Diyarbakır Sempozyumu 01-04 Kasım Diyarbakır.
- İmamoğlu, S., 2002. Atık Kağıt Hamurlarının Formamaidin Sülfirik Asit (FAS) ile Ağartılması. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Yoo, S., Hsieh, J.S., Zou, P., Kokoszka, J., 2009. Utilization of calcium carbonate particles from eggshell waste as coating pigments for ink-jet printing paper. *Bioresource Technology*. 100(24). 6416-6421.
- URL-1. [http://www.organikpin.com/Yumurta- Nedir/ Yumurta- B%C3%B6l%C3%BCmleri](http://www.organikpin.com/Yumurta-Nedir/Yumurta-B%C3%B6l%C3%BCmleri) (25.11.2017).
- URL-2. https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/sr201607_kagitsektoru.pdf (25.11.2017).
- URL-3. ISO_Kagit_Kagit_Urunleri_ve_Basim_Sanayi_Sektor_Raporuv2_2015-4001.pdf (25.11.2017)
- URL-4. <http://www.adacal.com.tr/adacal/urun-adacal-pcc.html> (25.11.2017).
- URL-5. <http://www.yum-bir.org/Yumurta/hd24-226-Yumurta-Kabuklarinin-Siradisi-Kullanim-Alanlari> (25.11.2017).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı: Ufuk KILLI
Uyruğu: T,C,
Doğum Tarihi ve Yeri: 23.10.1990 İskenderun/Hatay
Medeni Hali: Bekar
Telefon: 0539 628 24 70
E-posta: ufukkilli-16@outlook.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Yüksek Lisans	KSÜ / Orman Endüstri Mühendisliği	2015-2017
Lisans	KSÜ / Orman Endüstri Mühendisliği	2011-2015
Lise	Şemsettin Mursaloğlu Lisesi Fen Bilimleri	2006-2010

Yabancı Dil: İngilizce

Bilimsel Çalışmalar

Ulusal bildiriler

1. Tutuş, A., Çiçekler, M., **Kılıç, U.**, 2015. "Atık Ofis Kağıtlarından Temizlik Kağıdı Üretimi." 7. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi -UKAY'2015. s:201-215. 14-16 Ekim, Gaziantep.

Hobiler

Buz pateni. Futbol. Karikatür çizimi. Kitap okumak.