



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARTONLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE KALENDER KULLANIMININ ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**UMUT SAKÇILAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

**T.C.**

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARTONLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE KALENDER KULLANIMININ ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**UMUT SAKÇILAR**

**Bu tez,**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında**

**YÜKSEK LİSANS**

**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Umut SAKÇILAR tarafından hazırlanan “Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Kalender Kullanımının Etkisinin Araştırılması” adlı bu tez, jürimiz tarafından 12/04/2019 tarihinde **oy birliği / oy çokluğu** ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ (DANIŞMAN)  
Orman Endüstri Müh. ABD – KSÜ

.....

Prof. Dr. Abdullah İSTEK (ÜYE)  
Orman Endüstri Müh. ABD – Bartın Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat ÖZDEMİR (ÜYE)  
Orman Endüstri Müh. ABD – KSÜ

.....

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI  
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.

Umut SAKÇILAR

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

Proje No: 2015/3-39YLS

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.

# KARTONLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KALENDER KULLANIMININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

UMUT SAKÇILAR

## ÖZET

Kurutma partisinden çıkan kağıt ve kartonların yüzeylerinde girinti-çıkıntı, keçe ve elek izleri, kabarma, bükülme ve lif yıgılmaları gibi bazı düzensizlikler ve kusurlar vardır. Bu düzensizlikler, yazı, baskı ve ambalaj gibi kullanım yerleri için kusur sayılır. Kağıt kuruduktan sonra basınç altında ağır metal silindirler veya yumuşak kaplamalı silindirler arasından geçirilerek söz konusu düzensizlikler en aza indirilir. Bu işleme “kalenderleme” adı verilmektedir.

Bu çalışmada, farklı kalenderleme koşullarının (basınç, sıcaklık ve süre), gri ve miğfer kartonların fiziksel ve mekanik özellikleri (gramaj, kalınlık, hacimlilik, yoğunluk, pürüzlülük, hava geçirgenliği, kopma uzunluğu, yırtılma mukavemeti, patlama mukavemeti ve kat ayrımı) üzerine etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen bulgular ışığında kalenderleme koşullarının, kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkilerinde, kalınlığın azalmasına bağlı olarak hacimlilik azalmış ve yoğunluk artmıştır. Bu durum kartonun içinde ki hava gözeneklerinin kapanmasına sebebiyet vererek hava geçirgenliğini azaltmıştır. Yoğunluğun artmasına bağlı olarak da patlama ve kopma mukavemetlerinde bir miktar artış, yırtılma mukavemetinde ise azalmalar gözlemlenmiştir. Her üç değişken içinde (basınç, sıcaklık, süre), yüzey pürüzlülüğünde iyileşme ve kat ayrımı değerlerinde sayısal olarak artışlar tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gri karton, miğfer karton, kalenderleme, fiziksel özellikler,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Nisan / 2019

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ  
Sayfa sayısı: 88

# INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CALENDER PROCESS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF CARDBOARDS

(MASTER THESIS)

UMUT SAKÇILAR

## ABSTRACT

There are some irregularities and imperfections such as recess-protrusion, felt and screen marks, blistering, twisting and fiber clusters on the paper and paperboard surfaces that come out of the drying section. These irregularities are a defect for use, such as writing, printing and packaging. After the paper has dried, irregularities are minimized by passing through heavy metal cylinders or soft-coated rollers under pressure. This process is called calendering.

In this study, the effects of different calendering conditions (pressure, temperature and time) on the physical properties of the gray and coreboard cartons (weight, thickness, bulk, density, roughness, air permeability, breaking length, tear strength, burst strength and Scott bond) were investigated.

As a result, after the calendering process, the bulk decreased and the density increased due to decreases thickness of the cartons. This has led to the closure of the air pores in the carton, thereby reducing air permeability. Due to the increases in density, some increases in burst and tensile strengths and decreases in tear strength were observed. In all three variables (pressure, temperature, time), improvement in surface roughness and increase in Scott bond values were determined.

**Key Words:** Gray carton, coreboard, calendering, physical properties

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Forest Industry Engineering,  
January / 2019

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ  
Number of pages: 88

## TEŞEKKÜR

“Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Kalender Kullanımının Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu tez çalışması Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenerek konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ’a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Uygulama çalışmalarını yürüttüğüm Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasının Ar-Ge Biriminin idareci ve personeline, bu çalışmada bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen büyük destek aldığım Sayın Genel Müdür Yardımcım Bekir YEMŞEN’e, Sayın Üretim Müdürüm Sadık GÜLTEKİN’e, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden Arş. Gör. Ayşenur KILIÇ AK’a ve Arş. Gör. Mustafa ÇİÇEKLER’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, numunelerin alınması, testlerin uygulanmasında yardımcı olan Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası Laboratuvar personeline ve çalışma arkadaşım Tamer SÖZBİR ve Ailesine, arkadaşım Eser ULUSOY’a teşekkür ederim.

Son olarak uzun bir dönem süren yüksek lisans çalışmalarımda beni her zaman destekleyen ablam Özlem SAKÇILAR’a, sevgili eşim Özlem ÇAYLAN SAKÇILAR’a ve oğlum Mehmet Atlas’a şükranlarımı sunuyorum.

Umut SAKÇILAR

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
1.1.Kağıt Hakkında Genel Bilgiler .....	2
1.2.Türkiye’de Kağıt Sektörünün Genel Durumu .....	3
1.3.Kartonlar .....	5
1.3.1. Gri karton hakkında genel bilgiler.....	6
1.3.2. Miğfer karton hakkında genel bilgiler.....	6
1.3.3. Türkiye’nin alt gruplara göre karton üretimi.....	6
1.4.Kağıt ve Karton Üretiminde Kullanılan Maddeler .....	7
1.4.1. Su.....	7
1.4.2. Bitkisel lifler ve atık kağıtlar .....	8
1.4.3. Katkı maddeleri .....	8
1.5.Kağıt ve Karton Üretimi .....	9
1.5.1. Hammaddenin beslenmesi.....	11
1.5.2. Pulperde açma .....	11
1.5.3. Kaba temizleme .....	11
1.5.4. İnce temizleme .....	11
1.5.5. Fraksinasyon.....	12
1.5.6. Öğütme .....	12
1.5.7. Son temizleme .....	12
1.5.8. Hamur kasası .....	13
1.5.9. Sonsuz elek.....	13
1.5.10. Pres bölümü .....	13
1.5.11. Kurutma bölümü.....	14
1.5.12. Kalenderleme İşlemi.....	15
1.5.13. Mal sarıcı (andaç yakut).....	19
1.5.14. Bobin sarma (andaç yakut).....	19
1.6.Kartonların Fiziksel Özellikleri ve Testleri .....	20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	23
3. MATERYAL VE METOD.....	24
3.1.Materyal.....	24
3.2.Karton Kalenderleme İşlemi.....	24

3.3.Kartonların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi .....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	26
4.1.Gri ve Miğfer Kartonların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular .....	26
4.2.Sıcaklığın Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .....	33
4.3.Sürenin Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .....	36
4.4.Basıncın Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	39
4.5.Sıcaklığın Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	42
4.6.Sürenin Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .....	45
4.7.Basıncın Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi .....	48
4.8.Kalenderleme İşlemi Uygulanmış Kartonların SEM Görüntüleri.....	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
5.1.Gri Kartonların Optimum Kalenderleme Koşullarının Belirlenmesi .....	55
5.2.Miğfer Kartonların Optimum Kalenderleme Koşullarının Belirlenmesi .....	61
5.3.Öneriler.....	68
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	75

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiye'nin Alt Gruplara Göre 2017 Yılı Kağıt ve Karton Üretim Kapasitesi.....	4
Şekil 1.2. Türkiye'nin Alt Gruplara Göre 2017 Yılı Kağıt ve Karton Üretimi .....	5
Şekil 1.3. Atık kağıt geri kazanım iş akışı.....	10
Şekil 1.4. Kalenderleme diyagramı .....	16
Şekil 4.1. Sıcaklığın 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	33
Şekil 4.2. Sıcaklığın 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	34
Şekil 4.3. 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi.....	35
Şekil 4.4. Sürenin 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi	37
Şekil 4.5. Sürenin 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi	37
Şekil 4.6. Sürenin 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi	38
Şekil 4.7. Basıncın 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	39
Şekil 4.8. Basıncın 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	40
Şekil 4.9. Basıncın 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	41
Şekil 4.10. Sıcaklığın 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	42
Şekil 4.11. Sıcaklığın 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	43
Şekil 4.12. Sıcaklığın 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	44
Şekil 4.13. Sürenin 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.14. Sürenin 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	46
Şekil 4.15. Sürenin 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	47
Şekil 4.16. Basıncın 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	48
Şekil 4.17. Basıncın 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	49
Şekil 4.18. Basıncın 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	50
Şekil 4.19. Farklı gramajlardaki kalenderlenmiş ve kalenderlenmemiş gri kartonlara ait SEM görüntüleri .....	51
Şekil 4.20. Farklı gramajlardaki kalenderlenmiş ve kalenderlenmemiş miğfer kartonlara ait SEM görüntüleri .....	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 1.1. Kağıt ve Karton Üretim Kapasitesinin Alt Gruplara Göre Dağılımı.....	4
Çizelge 1.2. Kağıt ve karton üretiminin alt gruplara göre dağılımı.....	5
Çizelge 1.3. Ülkemizin alt gruplara göre karton üretim miktarları .....	7
Çizelge 3.1. Gri ve miğfer kartonların kalenderleme koşulları .....	25
Çizelge 3.2. Gri ve miğfer kartonlara uygulanan fiziksel testler.....	25
Çizelge 4.1. 320 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler .....	27
Çizelge 4.2. 350 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler .....	28
Çizelge 4.3. 400 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler .....	29
Çizelge 4.4. 165 gramajındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler .....	30
Çizelge 4.5. 275 gramajındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler .....	31
Çizelge 4.6. 400 gramajındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler .....	32
Çizelge 5.1. Kalenderleme işlemi sonrası 320 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	55
Çizelge 5.2. Kalenderleme işlemi sonrası 350 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	57
Çizelge 5.3. Kalenderleme işlemi sonrası 400 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	59
Çizelge 5.4. Kalenderleme işlemi sonrası 165 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	62
Çizelge 5.5. Kalenderleme işlemi sonrası 275 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	64
Çizelge 5.6. Kalenderleme işlemi sonrası 400 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları.....	66

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b><math>\mu</math></b>	: Mikron
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	: Mikrometre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>m</b>	: Metre
<b><math>\text{cm}^3</math></b>	: Santimetreküp
<b><math>\text{m}^2</math></b>	: Metrekare
<b>gr</b>	: Gram
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>pa.s</b>	: Pascal Saniye
<b>mN</b>	: Milinewton
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>J</b>	: Joule
<b>sn</b>	: Saniye
<b>dk</b>	: Dakika
<b><math>^{\circ}\text{C}</math></b>	: Santigrat Derece
<b>Ra</b>	: Ortalama Pürüzlülük
<b><math>\text{CaCO}_3</math></b>	: Kalsiyum Karbonat
<b><math>\text{TiO}_2</math></b>	: Titanyum Dioksit
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
<b>TAPPI</b>	: Selülöz ve Kağıt Sanayi Teknik Derneği
<b>EN</b>	: Avrupa Standartları
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>CTMP</b>	: Kimyasal Termomekanik Kağıt Hamuru

<b>TMP</b>	: Termomekanik Kağıt Hamuru
<b>SEM</b>	: Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>SKSV</b>	: Türkiye Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı
<b>ÜSKİM</b>	: Üniversite-Sanayi-Kamu İşbirliği Geliştirme Uyg. ve Araştırma Merkezi
<b>MS</b>	: Milattan Sonra



## 1. GİRİŞ

İnsanlığın en önemli ihtiyaç maddelerinden biri olan kağıdın kültürel ve sanayi alanlarındaki yeri büyüktür. Kağıt sanayinin gelişimi bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmişlik düzeylerinin belirleyici ve önemli etmenlerinden birisi durumuna gelmiştir. Günümüzde kağıt sanayisi, sermayesi ve enerjisi yoğun, ağır ölçekte bir endüstri kolu olarak tanımlanabilir.

Kağıt endüstrisi, odunsu ve otsu bitkileri ana hammadde kaynağı olarak kullanır, ara ürün olarak selüloz ve kağıt hamuru üretir. Ara ürün olarak elde edilen bu kaynaklar daha sonra değişik yöntem ve kimyasal işlemlerle kağıt ürünlerine dönüştürülürler. Kağıdın yapısı (safiha) temel olarak selüloz liflerinden oluşmaktadır. Safiha en genel olarak selüloz liflerinin sulu ortamda keçeleşmesi/saçaklanması sonucu bünyesine su emerek şişmesi, devamında elek üzerine serilerek suyun uzaklaştırılması ve kurutulmasıyla oluşturulmaktadır.

İlk kağıdın M.S. 105 yılında Çin de, Ts'ai Lun tarafından ağaç kabuklarının su içinde liflendirilmesi sonucu üretildiği kabul edilmektedir. Kağıdın icadından önce haberleşmek için kil tabletler, hayvan kemikleri, ağaç kabukları, hayvan derileri ve papirüs gibi kaynaklardan faydalandığı belirtilmektedir. Milattan önce yaklaşık 3000 yıllarına kadar, Mısır da doğal olarak yetişen papirüs bitkisi yazma ve resim çizme amacıyla kullanıldığı varsayılmaktadır. Günümüzde kağıdın İngilizce ismi bu papirüs bitkisinden türemiştir (Smook, 1994).

Kağıdın ilkel ilk üretiminden günümüze kadar geçen sürede, gerek ürün bazında gerekse üretim prosesi olarak çok çeşitli yenilikler ve gelişmeler olmasına karşın, hammadde kaynağı olarak çok büyük farklılıklar görülmemiş, 19. yüzyılın ortalarına kadar, otsu ve zirai ürünler örneğin pamuk, saman, keten, papirüs gibi yıllık otsu bitkiler kağıt üretimi için selüloz hammaddesi olarak kullanılmıştır.

Teknolojik ve haberleşme alanındaki ilerlemelere paralel olarak insanoğlunun kağıt ürünlerine olan gereksinimleri gittikçe artış göstermektedir. Kağıt fabrikasyonu teknolojisinde de yeni birçok yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. 1850'li yıllardan itibaren yapraklı ve ibreli ağaç odunlarının kağıt üretiminde kullanılmaya başlanmasıyla daha ucuza ve bol miktarda kağıt üretimi mümkün olmuştur. Orman kaynaklarından elde edilen ağaç odunlarının kağıt endüstrisinde kullanılışı giderek artış göstermiş ve

günümüzde kullanılan hammaddelerin %90'dan fazlası ormanlardan elde edilen odunlardan sağlanır olmuştur (Young, 1997).

Kağıt ürünlerine olan ihtiyaç ise her geçen gün artış göstermektedir. Dünya genelinde, 1990 yılında 160 milyon ton olan kağıt hamuru üretimi, 2000-2010 yılları arasında 370 milyon tonu geçmiştir. Bu durum, enerji ve diğer orman ürünleri endüstrisinin hammadde ihtiyaçları için zaten gittikçe artan oranda tahrip edilen ormanların, kağıt ve selüloz endüstrisi için gerekli olan hammadde ihtiyacının karşılanmasında zorlanması ve hatta yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, son yıllarda ormanların ve doğal kaynakların daha rasyonel kullanımı ve korunmasına yönelik çevresel tepkilerin artması, bu konuda alternatif hammadde kaynak arayışlarına sebep olmuştur (Şahin, 2010).

Karton, geri dönüşümlü ve ofset baskıya uygun olması neden ile ambalaj sektörünün kullandığı vazgeçilmez bir malzemesidir. Karton ambalajın işlevlerini sıralamak gerekirse; ürünü dış etkenlerden korumak, ürünün taşınmasını sağlamak ve ürüne albeni katarak tüketici tarafından talep edilmesini sağlamaktır. Karton ambalajın kalitesi karton üzerine baskısı yapılan tasarımın görsel özellikleri ve bunun karton yüzeyine aktarılması aşamasındaki baskı sürecinin işlem basamaklarının kalitesiyle doğrudan bağlıdır. Eğer kartonun fiziksel ve kimyasal özellikleri kötü ise matbaacının bunları iyileştirmesi söz konusu değildir. Görsel kalitenin yani kaliteli baskının birincil şartı karton yüzeyinin homojen bir düzgünlüklüğe sahip olmasıdır. Ayrıca kartonun baskı sonrası işlemler için, fiziksel özelliklerinin de (kopma, patlama, yırtılma, vs.) iyi olması gerekmektedir (Sönmez, 2008).

### **1.1. Kağıt Hakkında Genel Bilgiler**

Organik ve inorganik maddelerin özel aletlerde dövülmesi sonucu oluşan, liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır. Bir başka tanımda ise kağıt, Selülozik malzemenin sıvı ya da hamur haline getirildikten sonra tel bir elek üzerinde keçeleştirilmesi ya da hasırlaştırılması ile elde edilen tabakadır. Kağıt genel olarak 10-150 gr/m<sup>2</sup> arasında olan, bitkisel liflerden meydana gelen düz yüzeyli bir malzemedir (Sönmez, 2008).

Kağıt çeşitleri; uluslararası literatürde genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

#### *Kültürel Kağıtlar*

- Yazı Tabı Kağıtları: Üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir nitelikte kağıtlardır. Kompozisyon itibariyle kimyasal selülozdan veya kimyasal selüloz ile mekaniksel odun hamurundan oluşmaktadır. Ayrıca bu kağıtlara kullanım amacına bağlı olarak kaplama (kuşeleme) işlemi uygulanmaktadır.
- Gazete Kağıdı: Yüksek oranda mekaniksel odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz ihtiva eden ve özellikle gazete basımı için kullanılan kağıtlardır.

#### *Endüstriyel Kağıtlar*

- Sargılık Kağıtlar: Selüloz, atık kağıt ve odun hamurundan elde edilen ambalaj malzemesi olarak kullanılan kağıtlardır.
- Temizlik Kağıtları: Selüloz ve atık kağıttan, az miktarda odun hamuru (CTMP, TMP) içeren düşük gramajlı kağıtlardır.
- Kraft Torba Kağıdı: Beyazlatılmamış ya da beyazlatılmış kraft selülozdan yapılan çok dayanıklı ambalaj kağıdıdır.
- Oluklu Mukavva Kağıtları: Bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla meydana gelen bir üründür. Ambalaj kutularının imalinde ve kırılğan eşyanın paketlenmesinde seperatör ve destekleyici olarak kullanılır.
- Kartonlar: Yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı olabilen kağıtlardır. Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli adlarda ve özelliklerde üretimi yapılmaktadır.
- Sigara ve İnce Özel Kağıtlar: Genellikle kendir, keten, jüt ve paçavra selülozdan üretilen yüksek mukavemetli ve düşük gramajlı kağıtlardır.

## **1.2. Türkiye’de Kağıt Sektörünün Genel Durumu**

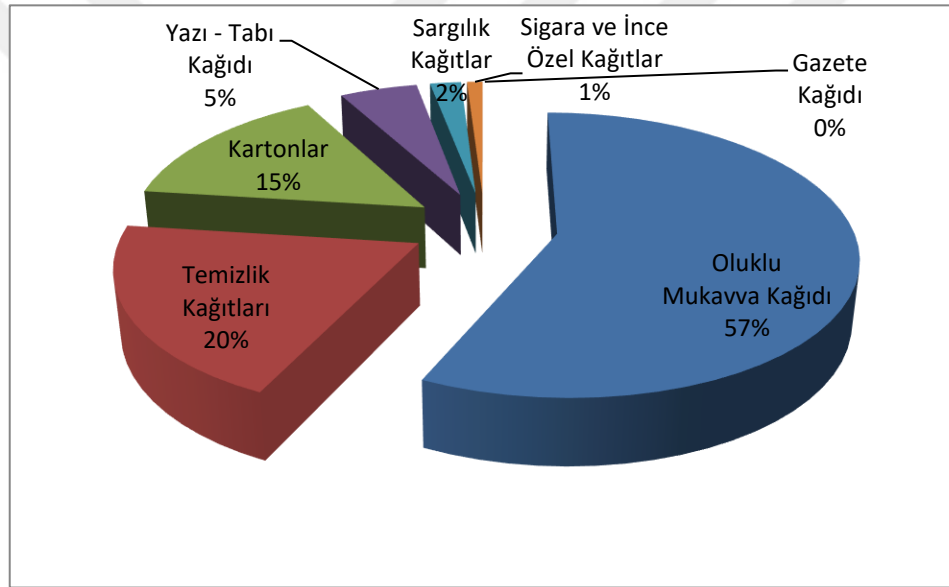
Türkiye’de kişi başına kağıt – karton tüketimi 2016 yılında 75.2 kg iken 2017 yılında % 4.1 artarak 78.3 kg yükselmiştir. Türkiye’de geri kazanılan hurda kağıt miktarı 2016 yılında 3.583.863 ton iken 2017 yılında % 12.7 artış göstererek 4.039.187 tona yükselmiş olup, 2017 yılında kağıt – karton geri kazanma oranı % 51.9 oranında gerçekleşmiştir.

Türkiye’nin kağıt – karton üretim kapasitesi 2017 yılında 2016 yılına kıyasla % 2.6’lık bir artış göstererek 5.171.000 tona ulaşmıştır. Kapasitedeki bu artış aşağıdaki Çizelge 1.1’de de görülmektedir. Karşılaştırmalı olarak inceleyebildiğimiz Çizelge 1.1’de görüldüğü gibi net kapasite artışı yazı-tabı kağıtları, oluklu mukavva kağıtları, kartonlar ve temizlik kağıtlarında olmuştur. Bu kapasite artışları makinelerde yapılan modernizasyonlar ile gerçekleşmiştir (SKSV, 2018).

Çizelge 1.1. Kağıt ve Karton Üretim Kapasitesinin Alt Gruplara Göre Dağılımı

Kağıt Çeşitleri	2016 (ton)	2017 (ton)	2016/2017 (%)
Gazete Kağıdı	0	0	0
Yazı – Tabı Kağıdı	298.500	308.500	3.4
Sargılık Kağıtlar	144.000	152.500	0.0
Oluklu Mukavva Kağıtları	2.860.500	2.940.500	2.8
Kartonlar	751.000	767.500	3.4
Temizlik Kağıtları	971.000	987.000	1.6
Sigara, İnce ve Özel Kağıtlar	15.000	15.000	0.0
<b>TOPLAM</b>	<b>5.040.000</b>	<b>5.171.000</b>	<b>2.6</b>

Aşağıda Şekil 1.1’de Türkiye’nin 2017 yılı içerisindeki kağıt ve karton üretim kapasitesi verilmiştir.



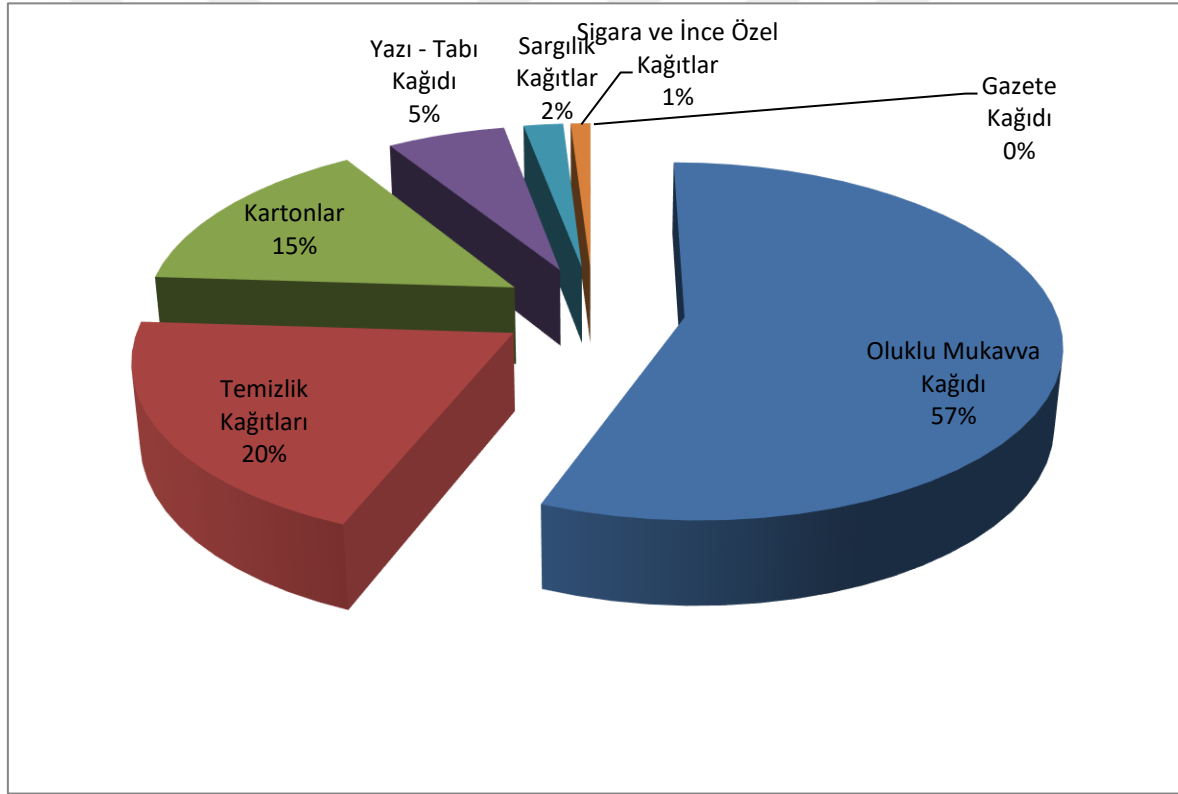
Şekil 1.1. Türkiye’nin Alt Gruplara Göre 2017 Yılı Kağıt ve Karton Üretim Kapasitesi

Türkiye’ de kağıt ve karton üretimi, 2016 verileri baz alındığında % 8.3’lük bir artış göstererek 2017 yılında 4.356.823 tona ulaşmıştır. 2016 ve 2017 yılları arasında karşılaştırılma yapıldığında; yazı – tabı kağıtları, oluklu mukavva kağıtları, kartonlar ve temizlik kağıtları üretiminde bir artış gözlenmiş olup; sargılık kağıtların üretiminde ise çok az miktarda bir değişim söz konusu olmuştur. Kapasite artışlarına bağlı olarak üretimlerdeki artışlar da Çizelge 1.2’de detaylı olarak anlatılmaktadır (SKSV, 2018).

Çizelge 1.2. Kağıt ve karton üretiminin alt gruplara göre dağılımı

<b>Kağıt Çeşitleri</b>	<b>2016 (Ton)</b>	<b>2017 (Ton)</b>	<b>2016/2017 (%)</b>
Gazete Kağıdı	0		0
Yazı – Tabı Kağıdı	237.100	247.000	4.2
Sargılık Kağıtlar	75.000	77.750	3.7
Oluklu Mukavva Kağıtları	2.280.352	2.514.534	10.3
Kartonlar	614.989	643.342	4.6
Temizlik Kağıtları	811.572	869.197	7.1
Sigara, İnce ve Özel Kağıtlar	5.000	5.000	0
<b>TOPLAM</b>	<b>4.024.013</b>	<b>4.356.823</b>	<b>8.3</b>

Aşağıda Şekil 1.2’de Türkiye’nin 2017 yılı içerisindeki kağıt ve karton üretim kapasitesi gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye’nin Alt Gruplara Göre 2017 Yılı Kağıt ve Karton Üretimi

### 1.3. Kartonlar

Karton, bitkisel liflerden mekanik ya da kimyasal yollarla veya atık kartonlardan elde edilen hamurlardan üretilen sert, dayanıklı ve kalın kağıt malzemedir. Karton çok katlandırılmış kağıt olarak da nitelendirilebilir. Kağıt ile karton arasındaki en belirgin fiziksel fark gramajı yani m<sup>2</sup> ağırlığıdır. 150 g/m<sup>2</sup> altı kağıt, 150-400 g/m<sup>2</sup> karton ve 400-

1200 g/m<sup>2</sup> mukavva olarak adlandırılır. Değişik amaçlar için üretilmiş farklı özelliklerde kartonlar mevcuttur (Sönmez, 2008).

Kullanım amacına göre bazı özel kartonlar hakkında aşağıda başlıklar halinde bilgiler verilmiştir.

### **1.3.1. Gri karton hakkında genel bilgiler**

Gri Karton, düzgün satırlı ve %100 geri dönüşümlü ofis – magazin – gazete – matbaa kağıdı atıkları ile gri karton işleme fabrikalarının atık kağıtlarından üretilir. Kullanım alanına ve isteğe göre 140 gr/m<sup>2</sup> ile 450 gr/m<sup>2</sup> arasında üretilebilir (Sözber, 2015).

Gri karton ve mukavva malzemeler her sektörde kullanılabilir. Gri karton kullanılabildiği başlıca sektörler aşağıdaki gibidir (URL-1).

- Masura sektörü
- Tekstil sektörü
- Klasör, renkli dosya üretim sektörü
- Ciltçiler, ajanda-defter, takvim üretim sektörü
- Masa oyunları üretim sektörü
- Ayakkabı, terlik, bavul, çanta, kemer üretim sektörü
- Özel kutu üretim sektörü.

### **1.3.2. Miğfer karton hakkında genel bilgiler**

Miğfer kartonlar, % 100 oluklu mukavva kutu atıkları ile oluklu mukavva üreten fabrikaların atık kağıtlarından üretilir. Kullanım alanına ve isteğe bağlı olarak 165 gr/m<sup>2</sup> ile 450 gr/m<sup>2</sup> arasında üretilebilir. Bobin göbeği olarak kullanılan karton çeşididir.

### **1.3.3. Türkiye'nin alt gruplara göre karton üretimi**

Ülkemizde üretilen bazı özel karton çeşitlerinin üretim miktarları Çizelge 1.3'te yer almaktadır (SKSV, 2018).

Çizelge 1.3. Ülkemizin alt gruplara göre karton üretim miktarları

	Vakıf Üyelerinin Toplamı			Vakıf Üyesi Olmayanların Toplamı (Tahmini)			Genel Toplam		
	2016 (ton)	2017 (ton)	(%)	2016 (ton)	2017 (ton)	(%)	2016 (ton)	2017 (ton)	(%)
Kuşe Karton	299.990	313.321	4.4	10.000	15.000	50.0	309.990	328.321	5.9
Gri Karton	143.523	144.521	0.7	160.700	170.500	6.1	304.223	315.021	3.5
Renkli Karton	776	0	-100	0	0	0	776	0	-100
TOPLAM	444.289	444.289	3.1	170.700	185.500	8.7	614.989	643.342	4.6

Çizelge 1.3'te görüldüğü gibi ülkemizde kuşe karton ve gri karton üretimi yapına moderizasyon ve yeni yatırımlar sayesinde artış göstermektedir.

İdeal bir kartonda olması istenen özellikleri 4 başlık altında toplanabilir (Sönmez, 2008).

1. Basılabilirlik
2. İşlenebilirlik
  - a. Kesim işlemi
  - b. Katlama yeri oluşumu (Piliyaj)
  - c. Kabartma işlemi (Gofraj)
  - d. Yapıştırılabilirlik
3. Sevk edilebilirlik
4. Çalışabilirlik daha açık renklidir.

#### 1.4. Kağıt ve Karton Üretiminde Kullanılan Maddeler

Kağıt üretiminde kullanılan hammaddeleri su, bitkisel lifler ve katkı maddeleri olarak sınıflandırılabilir. Kağıt üretiminde selülozik liflerin yanı sıra en fazla kullanılan ve en önemli üretim hammaddesi sudur. Su olmadan kağıt hamuru oluşturulamamakta ve kağıt üretilmemektedir. Ayrıca kağıt üretiminde çok sayıda kimyasal katkı maddeleri de kullanılmaktadır (Sözber, 2015).

##### 1.4.1. Su

Kağıt hamuru ve kağıt üretiminde su vazgeçilmez bir materyaldir. Kağıt üretiminde su, taşıyıcı materyal olarak kullanılmakta ve lifsel kütleinin oluşumunda, elek üzerinde kağıt taslağının oluşturmasını sağlamaktadır. Kağıt üretimi, yüksek miktarda su kullanılan bir üretim işlemi olduğu için suyun kalitesi önem teşkil etmektedir (Hawes, 1994; Ruzicka, 1994).

### **1.4.2. Bitkisel lifler ve atık kağıtlar**

Yapraklı veya iğne yapraklı ağaçlardan çok farklı metotlarla selülozik lifler elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen ve ilk defa kağıt üretiminde kullanılacak liflere “birincil lifler” denmektedir. Bu lifler üretilecek ürünün özelliklerine göre farklı şekillerde kimyasal ve mekanik etkilere girmekte ve istenirse beyazlatma işlemi de uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra yıllık bitkilerden de kağıt hamuru elde edilebilmektedir. Tarımsal üretimin yoğun olduğu bölgelerde, tarımsal atık sınıfına giren sap, dal gibi yıllık bitki artıkları ekonomik ve sürdürülebilir şekilde işlenerek kağıt hamuru elde edilebilmektedir (Tutuş and Eroğlu, 2004; ; Ateş ve ark., 2009; Çöpür ve ark., 2007; Kalaycıoğlu ve ark., 2005).

Geri kazanılan atık kağıtlar, kağıt-karton endüstrisi için düşük maliyetli bir lif kaynağı olmasının yanında, dolaylı yoldan orman kaynaklarının korunmasına, çevre kirliliğinin azalmasına ve su-enerji tasarrufuna katkıda sağlamaktadır (İmamoğlu ve Kayacan, 2002).

### **1.4.3. Katkı maddeleri**

Katkı maddelerini, üretimi iyileştirici katkı maddeleri ve ürün geliştirici katkı maddeleri olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür. Köpük söndürücüler, paslanmayı önleyiciler, su işleme kimyasalları ve biositleri birinci sınıf katkı maddelerine örnek olarak verebilmektedir. Dolgu maddeleri, iç yapıştırma maddeleri, kuru ve ıslak mukavemet artırıcılar ve boyaları ise ürün geliştirici olan ikinci sınıf maddelere örnek olarak saymak mümkündür (Brander and Thorn, 1997). Lifsel yapıda olmayan katkı maddeleri şu şekilde sıralamaktadır;

- Dolgu maddeleri
- Tutkallama maddeleri
- Yaş dayanım reçineleri
- Çamur önleyiciler
- Köpük söndürücü maddeler
- Boyalar

Katkı maddelerinin en önemlilerinden bir tanesi de dolgu maddeleridir.

#### **1.4.3.1 Dolgu Maddeleri**

Kağıt üretiminde birçok endüstriyel hammadde kullanılmaktadır. Bu endüstriyel hammaddeler dolgu ve kaplama mineralleri olarak iki ayrı amaçta kullanılmaktadır. Bazı

mineraller sadece dolgu ya da kaplamada kullanılırken bazıları her iki alanda da kullanılabilir. Üretilen kağıt cinsine göre yaklaşık %25 oranında dolgu minerali kullanılmaktadır. Dolgu minerallerinin kağıt kullanımındaki yararları aşağıdaki, gibi sınıflandırılmaktadır (Erkan ve Malayoğlu, 2001);

- Kağıdın opaklığını arttırmaktadır.
- Kağıdın boyutlarının stabil hale gelmesini sağlamakta ve yumuşaklığını arttırmaktadır.
- Özellikle ağartılmış hamurlara katıldıklarında kağıdın beyazlığını arttırmaktadır.
- Lifler arasındaki boşlukları doldurmada ve düzgün yüzey oluşturmada böylece kağıdın baskıya uygun olmasını sağlamaktadır.
- Mürekkebin düşey yönde daha iyi emilmesini sağlayarak baskı kalitesini arttırmaktadır.
- Kağıdın eskime özelliğini azaltmaktadır, özellikle kalsit kullanılan kağıtlar asırlar içinde nitelikleri kaybetmemektedir.

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 aşındırıcılık ve ucuz olmasıdır.

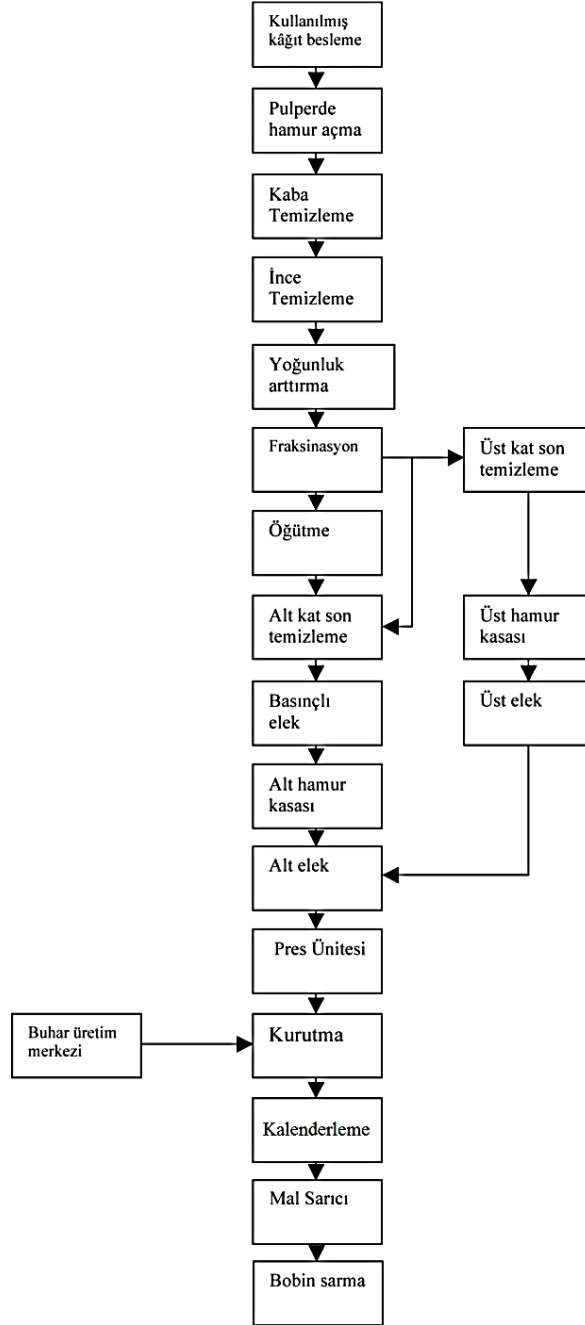
Başlıca dolgu maddeleri çeşitleri aşağıdaki gibidir (Erkan ve Malayoğlu, 2001);

- Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ )
- Kaolin
- Talk
- Titanyum Dioksit ( $\text{TiO}_2$ )

## 1.5. Kağıt ve Karton Üretimi

Genel olarak kullanılmış kağıttan kağıt üreten bir kağıt üretim tesisi “Hamur Hazırlama Bölgesi” ve “Kağıt Makinesi” olmak üzere iki ana bölümden meydana gelir. Ayrıca bu iki bölüm arasında “Yaklaşım Bölgesi” denilen bir bölüm daha bulunur. Hamur Hazırlama Bölgesinde amaç kullanılmış kağıdın sulu ortamda hamur haline getirilerek içindeki kirliliklerin temizlenmesidir. Temizleme işlemi kağıt hamurunun birçok kademedan oluşan çeşitli tipte eleklerden geçirilmesiyle elde edilir. Kağıt makinesinde ise amaç içinde neredeyse hiç kirlilik kalmamış kağıt hamurunun sırasıyla elekler, presler ve

kurutma silindirlerinden geçirilerek içindeki suyu almak ve böylece istenen kuruluk derecesine sahip kağıt elde etmektir. Şekil 1.3'te atık kağıt kullanılarak tekrardan kağıt ve karton üreten bir üretim tesisinin genel işlem basamakları görülmektedir (Karıncaoğlu, 2009).



Şekil 1.3. Atık kağıt geri kazanım iş akışı

### **1.5.1. Hammaddenin beslenmesi**

Ham madde beslemesinde ana amaç, üretim tonajına uygun miktarda ham maddeyi pulpere aktarabilmektir. Besleme pulper tipine bağlı olarak kesikli veya sürekli olabilir. Atık kağıt işleyen fabrikalarda kağıtlar balyalı veya dökme olarak beslenirler. Bir fabrikada aynı anda her iki yöntem de kullanılabilir (Yakut, 2012).

### **1.5.2. Pulperde açma**

Pulperler kullanılmış kağıdı sulu ortamda tekrar kâğıt hamuru haline getirmek için yapılmış özel bıçakları olan karıştırıcılardır. Pulperlerde elyaf açmanın amacı kuru olan elyaf kümelerini ıslatarak ve parçalayarak, elyafı tanelerine ayırmak ve onları pompalarla basılabilecek hale getirmektir. Böylece, elde edilen elyaf süspansiyonu kolayca eleklerde ve siklonlarda temizlenebilir.

Pulper içine atılan kullanılmış kağıdın içinde yabancı maddeler bulunur. Kullanılmış kağıt pulper içinde hamur hale getirilir. Hamur içindeki yabancı maddeleri, yoğunluğu hamurdan ağır olanlar ve yoğunluğu hamurdan hafif olanlar diye ikiye ayırmak gerekir. Her iki yabancı madde türünün temizlenmesinde çeşitli aşamalarda farklı temizleme işlemleri yapılır (Karıncaoğlu, 2010).

### **1.5.3. Kaba temizleme**

İlk temizleme kademesi kaba temizleme olarak adlandırılır. Bu kademenin atık maddesi ve bir miktar hamur ikinci bir eleğe gelerek daha iyi bir temizleme yapılır. Kaba elemelerde hem sepetli hem de disk elekler kullanılır. Kaba temizlemede kullanılan sepetli elekler ince temizleme eleklerine benzer. Tek farkı eleğin rotor olarak dönmesi ve bıçakların sabit olmasıdır. Bu tür makine yapısı sadece kaba elemelerde bulunur. Katı atık miktarına bağlı olarak rotor yapısı değişmektedir. Bu tür eleklerin elyaf kümelerini dağıtması disk eleklerle göre çok azdır ve sonucu rotorun yapısı belirler (Yakut, 2012).

### **1.5.4. İnce temizleme**

Basınçlı elekler, basınç altında çalışan ve ince temizlemede kullanılan eleklerdir. Bu sistemde, daha az yabancı madde birikimi olur ve elek daha az alan kaplar. Ayrıca basınçlı eleklerde hamura hava karışma riski yoktur. Kontrolü kolaydır, fiskiye olmadığından su kullanımı azalır (Yakut, 2012).

### **1.5.5. Fraksinyasyon**

Fraksinyasyonda elyaf girişi ve atık madde çıkışı elemeye benzemekle birlikte, fraksinyasyon elyafları uzun ve kısa olarak seçmede yani ayırıtırmada kullanılır. Genellikle kısa elyaf örtücülüğü ve yüzey dzgnlgğ sağlaması nedeniyle üste verilir. Oluklu kağıdı üreten çift elekli makinalarda fraksinyasyon vazgeçilmez olarak kullanılmaktadır. Elyaf elemeye, eleme oranı %5-25 arasındayken, fraksinyasyonda elyaflar üretim ihtiyaına göre %30-40 olarak ayırıtırılır. Fraksinyasyon düz eleklerle ve silindirik sepetlerle yapılır.

Fraksinyasyon sonucunda uzun ve kısa elyaflar kısmen birbirlerinden ayrılırlar. Bu işlem sadece elyaflar da istenilen zenginleşmeyi sağlayabilir. Ham maddenin özellikleri, yoğunluğun durumu, elyafların eleğe giriş açısı seçiciliği etkiler. Eleme sırasında atık maddeler arasında uzun elyaflar yoğunluktadır (Karıncaoğlu, 2010).

### **1.5.6. Öğütme**

Lifleri bireysel olarak ayırıp, u kısımlarını pskllendirip, birbiriyle kenetlenmelerini sağlamak için öğütmek gerekir. ğtm, refiner (ğtc) denilen araçla gerçekleşir. Öğütmenin veya elyafları dövmenin amacı, elyaf şeklini kullanıma uygun olacak şekilde tasarlamaktır. Bunun iki nedeni vardır.

Kağıt retim sürecini iyileştirmek,

Üretilmiş kağıda istenilen özellikleri kazandırmak.

Kullanılmış kağıtta öğütme genellikle dayanımı arttırmak ve düğümleri azaltmak için uygulanır. ğtmeyle elyafların şekli değişir. Boyları kısılır, enlerinden bölünürler, çökmeler ve liflenmeler olur.

Refinerler bir yüzey üzerine yerleştirilmiş metal bıçakların yine benzer bir yzeeye karşı yer değiştirmesi ilkesine göre çalışırlar. Lif süspansiyonu bu iki yüzey arasından geçerken lifler sert hareketlere, basınç, çekme ve sürtünmeye uğrayarak yapıları gevşer. İki bıçak arasında geçen olaylar yeterince açıklanmış olmamakla birlikte, türbülansın çok şiddetli olduğu, bıçakların özelliğinin önemli olduğu, bıçak şeklinin etkisi olduğu bilinmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

### **1.5.7. Son temizleme**

Santrifüj temizlemede, kağıt kalitesini olumsuz olarak etkileyecek olan, hamur içindeki askıda bulunan yabancı parçacıklar alınır. Bunlar içinde aşındırıcı kum ve cam

parçaları ile tıkanmaya yol açacak düğümler bulunur. Etkili ayrıştırma yoğunlukla ilgili olduğundan elyafla benzeşen yabancı maddeler uzaklaştırılmaz. Santrifüj temizleme diğer temizleme yöntemlerini tamamlayıcı bir işlemdir. Elemeden farkı, temizlenecek hamuru sıkıştırarak deforme etme olayı yoktur. Bunlara hidrosiklonlar da denilmektedir.

Hidrosiklonlarda parçacıkların ayrılma prensibi hızla hamuru siklon içine göndermektir. Bu esnada ağır parçacıklar siklon içinde duvara doğru fırlatılırken, ağırlıkları nedeniyle dibe doğru giderler. Hamur ise üstten dışarıya alınır. Tabana doğru olan akış hafif ve ağır atık maddeleri temiz hamurdan uzaklaştırır. Siklon içinde santrifüj kuvvet, temiz hamuru üstten alırken, aksiyel kuvvet atık maddeleri tabana iterek ayrıştırır (Yakut, 2012).

#### **1.5.8. Hamur kasası**

Hamur kasasının amacı çok düzgün bir jet oluşturarak düzgün bir safiha elde etmektir. Jet hızı ile makina hızının eşitlenmesi düzgün elyaf dağılımında gereklidir. Hamur, yaklaşım bölgesinden pompa yardımıyla basılarak hamur kasasına gelir. Hamurun elek üzerinde düzgün bir dağılım göstermesi gerekir. Bu nedenle cetvel ağzından basınçla dışarı akar. Hamur kasası içinde elyafın düzgün dağılımını sağlayan perfore bir döner elek (üstüvane valsi) bulunur. İyi bir safiha (kağıt) formasyonu yakalamanın yolu hamur kasasındaki hamurun sudan ayrışmamasıdır. Üstüvanevalsinin görevi bunu sağlamaktır (Karıncaoğlu, 2010).

#### **1.5.9. Sonsuz elek**

Elek ünitesi hamur kasasından sonra hamurdan suyun alınmaya başladığı ilk ünedir. Elek ünitesine gelen hamur önce kendi ağırlığından dolayı bir miktar suyu yerçekimi etkisiyle bırakır. Belli bir süre sonra yerçekimi kuvveti etkili olamadığından vakum kasaları yardımıyla su vakum ile çekilir. Elek ünitesinde belli miktar suyun alınmasından sonra çıkışta kuruluk oranı %20 civarında olur (Yakut, 2012).

#### **1.5.10. Pres bölümü**

Pres bölümünün amacı safihaya baskı yaparak kuru madde miktarını arttırmaktır. Bunun yararı buharlaşma için harcanan enerjiyi düşürmektir. Ayrıca safihanın sıkışması onun yaş dayanımını arttırmaktadır. Yaş safiha elekten alınarak (pickup) keçelerle prese sevk edilir. İki pres valsi arasındaki baskı çizgisine nip denilmektedir.

Safiha keçe üzerinde, keçe altında veya iki keçe arasında sevk edilir. Pres baskısının ortaya çıkardığı su, keçe ile uzaklaştırılır. Yüksek miktarda su alınması durumunda keçenin altında bulunan pres valsinin yüzeyindeki deliklerden su alımı yapılır. Pres valsleri birbirlerine çizgisel olarak, bir milimetreye basarlar. Klasik preslerde baskı miktarı nip uzunluğuna kaplamasına ve gövde malzemesine kağıdın özellikleri de önemlidir (Karıncaoğlu, 2010).

### **1.5.11. Kurutma bölümü**

Mekanik olarak kağıttan en fazla su çıkarılması elek ve pres partisinde gerçekleşmekte olup bu kısımlarda uzaklaştırılmayan su kurutma partisinde buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Eleklerden sonra ıslak safihanın kuruluğu %16-23, pres partisinden sonra %40-50 ve kurutma partisinden sonra %91-95 olur. Bu elek partisinde 1 kg kağıt üretimi için 100-170 kg, pres kısmında 2-4 kg, kurutma partisinde ise 1,0-1,5 kg suyun uzaklaştırıldığını ifade etmektedir. Kurutma partisinde çıkarılan su, toplam suyun çok az bir kısmına karşılık gelmesine rağmen kurutma partisi bir kağıt veya karton makinesi için ana enerji tüketicisi durumundadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıt makinesinin kurutma partisinde kurutma silindirlerinin ilk %10-15'i ısınma devresini temsil eder. Orta kısımlarda kurutma silindirlerinin %55-65'i de sabit kurutma devresini temsil eder. Suyun çoğu sabit kurutma devresinde buharlaştırılıp bu devrede açık gözenekli fabrika keçelerin kullanılması kurutmaya önemli ölçüde kolaylaştırabilir. Geri kalan sondan %25-30'u ise azalan kuruma devresine tekabül etmekte olup burada da az geçirgen keçe kullanılması ısı transferini artırmak yönünden yararlıdır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Konvansiyonel silindirle kurutmada, kurutma hızını ve kağıdın özelliklerini etkileyen birçok değişkenler vardır. Bunlardan bazıları şunlardır: (1) Her yarım devirde safihanın kurutucu yüzeyi ile temas halinde olduğu zaman süresi, (2) Her yarım devirde safihanın kurutma yüzeyinden ayrı kaldığı zaman süresi, (3) Kurutma devir sayısı, (4) Kurutucu yüzeyinin sıcaklığı, (5) Kurutucu yüzeydeki safihanın basıncı, (6) Safihanın üzerindeki keçenin basıncı, (7) Safihanın etrafındaki havanın sıcaklık ve nem içeriği, (8) Safihanın üzerindeki havanın hızı, (9) Gramaj ve diğer safiha özellikleri, (10) Kurutucu keçe tipi ve (II) Safiha gerginliği (Casey, 1960; Sönmez, 2008).

### 1.5.12. Kalenderleme İşlemi

Kurutma partisinden çıkan kağıdın yüzeylerinde bazı düzensizlikler vardır. Bu düzensizlikler; baskı, yazı ve ambalaj gibi bazı kullanım yerleri için bir kusur oluşturur. Kalenderleme kağıdın yüzeyini sonradan düzgünleştiren bir işlemdir. Kağıt kuruduktan sonra basınç altında ağır metal silindirler veya yumuşak kaplamalı silindirler arasından geçirilerek kalenderlenir. Kalenderlemenin amaçları şunlardır (Kuehn, 1970; Casey, 1961; Eroğlu, 1979; Eroğlu, 1990; Yakut, 2012);

•Kağıt eni boyunca mümkün olduğu kadar kalınlık farklılıklarını gidererek kağıt yüzeyini düzeltmek,

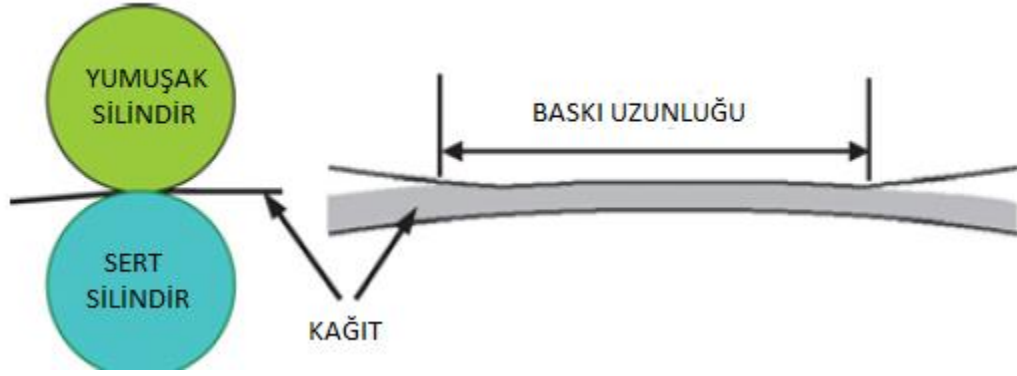
•Keçe ve elek izlerini gidermek,

•Kağıt yüzeyine düzgünlük vererek onun baskı özelliklerini iyileştirmek,

•Kabarma, bükülme ve lif yığılmalarını düzeltmektir.

Bazı kağıtlarda fazla yüzey düzgünlüğü gerekmediğinden makine üzerinde kalenderlenirler. Bazı kağıtlar ise iki silindiri kalenderlerden geçirilirler, buna "breaker stack" denir. Nem oranı yüksek olan kağıdın kalenderlenmesi daha düzgün yüzey sağlar ve kalenderlemeye daha uygundur. Kalenderleme sonucu kağıdın yoğunluğu önemli ölçüde artar; ayrıca patlama direnci ve yüzey düzgünlüğü de artar. Breaker stack üzerinde elde edilen düzgünlük kalenderlerden daha uzun ömürlüdür (Karıcaoğlu ve Usta, 2004).

Kağıt üreticileri kağıt yüzeyini geliştirmek için kağıt safiha oluştuktan sonra iki farklı işlem uygulamaktadır. Bunlar, kağıt yüzeyinin bileşimini değiştiren kuşeleme ve sadece yüzey geometrisini değiştiren kalenderleme işlemleridir. Kalenderleme sırasında kağıt ısıtılabilen en az iki silindir arasında preslenmektedir (Şekil 1.4). Silindirler arasına uygulanan basınç çok yüksektir. Belirli bir sürede kağıda yüksek basınç uygulandığında, kağıdın kalınlığını azaltarak yüzey özelliklerini değiştirmektedir. Sıcaklık basıncın daha etkili olmasını sağlamaktadır (Robertson, 1999; Eroğlu ve Usta; 2004).



Şekil 1.4. Kalenderleme diyagramı

İstenilen kağıt özelliklerini elde etmek için kağıt üreticileri kalenderlenmemiş kağıtlar için farklı kalender çeşitlerini ve kalender parametrelerini kullanabilirler. Fakat kalender çeşidi ve kağıt türü ne olursa olsun kalenderleme parametrelerinin kağıt özellikleri üzerine etkileri aynıdır. Kalenderleme, yüzey düzgünlüğü ve parlaklık gibi yüzey karakteristiklerini kalıcı mekanik deformasyon sayesinde geliştiren bir işlemdir (Zimmermann, 2002).

Kağıdın kalenderlenmesinde kullanılan kalender tiplerini makine kalenderi ve süper kalender olarak iki gruba ayırarak inceleyebiliriz.

#### *Makine Kalenderlemesi*

Makine kalenderlemesinin amacı kağıt üzerindeki keçe ve elek izlerini düzeltmek ve formasyon düzensizliklerinden ileri gelen lif kümelerini bir ölçüde dağıtmaktır. Sonucun iyi olması kalender üzerindeki silindir sayısına (8-18 arasında değişebilir), kalenderleme basıncına ve kağıdın nem oranına bağlıdır. Kalenderleme aynı zamanda kağıt içindeki yabancı cisimlerin etkisini azaltır. Makine kalenderleri belirli sayıda metal silindirden yapılmıştır. Normal olarak ince granülle dökme demirdendirler (Meinecke, 1985; Sönmez, 2008).

Kalenderlemenin asıl amacı kağıda yüzey düzgünlüğü vermektir. Fakat bu arada kağıdın kalınlığı azalır, yoğunluğu artar ve yoğunluk bakımından düzensizlikler de artar. Lifler birbirlerine daha fazla yaklaştığından lif-hava yüzeyi, dolayısıyla da opaklık azalır. Yani kağıt içindeki hava boşluğu azalmıştır, zaten dövmede de opaklığın azalması kağıt içindeki hava boşluklarının azalmasından ileri gelmektedir. Çünkü havanın kırılma indisi selülozdan daha yüksektir. Kalenderlenen kağıt daha geniş bir yüzeye sahiptir, enine de

genişlemiştir. Kopma uzunluğu kalenderleme ile biraz artar, ancak aşırı kalenderleme ile biraz azalır (Keller, 1992; Hestmo and Lamvik, 2000; Sönmez, 2008).

Patlama direnci kalenderlemeden pek etkilenmez, fakat yırtılma ve çift katlama dirençleri kalenderleme ile azalır. En büyük azalma ise yüksek basınçlı kalenderleme ile olur. Kalenderleme ile hava geçirgenliği ve yağ emme özelliği azalır. Silindir basıncının artmasıyla orantılı olarak hava geçirgenliğine karşı olan direnç de artar. Kalenderleme ile yapıştırmanın etkinliği bazı hallerde artar, bazı hallerde de azalır (Sönmez, 2008).

Makine kalenderlemesinde en önemli etkenlerden birisi de uygulanan basınçtır. Az yüzey düzgünlüğü istenen kağıtlarda düşük basınç, fazla yüzey düzgünlüğü istenen özel kağıtlarda ise yüksek basınç uygulanır (Maume ve ark., 1996).

Kalenderleme etkisi rutubet ile artar, çünkü nemin artması liflerin plastikleşmesine neden olur. Yüksek nem oranında kalenderlenen kağıtlar, kuru kağıtlara oranla daha sağlam, yoğun, kaygan ve yağ geçirmezdir. Fakat parlaklık ve opaklık daha düşüktür. Kağıt fazla rutubette kalenderlenmemelidir, bu durumda kararma etkisi görülür. Kararmada, birbirleriyle temas eden lifler ezilir ve şeffaf bir yüzey oluştururlar, bu alanlar daha az ışık yansıttığından siyah görünürler, kalenderleme genellikle % 6-8 nem oranında yapılır. Bundan daha düşük nem kağıdın kıvrılıp bükülmesine, daha yüksek nem ise buruşma ve kararmaya neden olur (Kartovaara ve ark., 1985; Sönmez, 2008). Kalenderleme sıcaklığı son derece önemli bir faktördür; çünkü sıcaklık kağıdı daha bükülebilir ve ütülenebilir hale getirir (Kuehn, 1970 ve Jeyasingam, 1980).

Kartonlarda çok fazla kalenderlenme istenmez, hatta kaçınmak gerekir. Aşırı kalenderleme sadece ezilmeyi arttırmakla kalmaz yabancı cisimlerin varlığında daha belirgin hale getirir. Kartonlarda kalınlığı standartın altına düşürerek, kartonların sertlik ve rijiditesini azaltır ve kullanım amacı için uygunsuz hale getirebilir (Casey, 1961 ve Norman, 1962).

Kalenderleme sıcaklığı son derece önemli bir faktördür; çünkü sıcaklık kağıdı daha bükülebilir ve ütülenebilir hale getirir.

Kalenderlemenin kolaylığı büyük ölçüde kağıdın kalitesine bağlıdır. Bazı kağıtlar diğerlerinden daha iyi kalenderlenirler. Örneğin mekanik hamur kağıdı saman kağıdından daha düzgün yüzey oluşturur. Fazla dövülmüş hamurlardan yapılan kağıtlar daha iyi kalenderlenirler. Ancak, dövme arttıkça nem oranının artmasından dolayı siyahlamaya daha fazla meyillidirler. Genellikle, yumuşak hamurlar daha düzgün yüzey verirler.

Yoğunluğu düşük olan kağıtlar siyahlaşmadan daha yüksek basınca dayandıklarından daha iyi sonuç verirler (Salmen, 1982).

Kalenderleme sırasında sık sık kopmalar olur, bunun nedeni kağıt üzerinde kabarıklık noktalarının bulunması ve bunların yüksek basınç altında kesilmesidir (Casey, 1961).

#### Makine Kalenderi Çeşitleri

- Sert tepeli kalender
  - o İki silindirli sert tepeli kalender
  - o Çok silindirli sert tepeli kalender
- Yumuşak kalender
  - o Perdah kalenteri
  - o İki silindirli yumuşak kalender
  - o Üç silindirli yumuşak kalender

#### *Süperkalender*

Süper kalender sert ve yumuşak silindirlerin birbirlerini takip ederek oluşturduğu çok silindirli bir kalenderdir. Yumuşak silindirler ciddi safiha kararması ve beneklenmesi olmadan iyi yüzey düzgünlüğü elde edilmesi için yüksek bir çizgisel basınç oluşturur. Süper kalenderlemede kontrol parametreleri şunlardır (Ehrola ve ark., 2000).

- Alt tepedeki çizgisel basınç,
- Isıtılmış silindirde yüzey sıcaklığı,
- Dolgu silindir materyali ve sertliği,
- Kalender hızı,
- Buhar oluşumu,
- Çift işlemci tepenin konumu.

Süperkalenderin yumuşak silindiri kağıt (veya bez) dolgulu valsten meydana gelir. Dolgulu valsler esneklik derecelerine göre dört kategoriye ayrılır. Sert mavi kağıt (denim) en serttir. Bundan sonra kısa kesik lifli, az elastik pamuk, daha sonra orta boyda kesik lif ve son olarak da en elastik olan uzun kesik lifli pamuk gelir. Sertlik yönünden ise yumuşak, orta sert ve sert olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Eroğlu ve Usta, 2004).

Süperkalenderlemede kağıt kalender valsleri arasından çok ağır yükleme altında geçirilir. Lifli valsler kağıtla temas eden esnek bir yüzey verir ve kalenderlemeyi "dövme sürtünmesi"nin kontrol etmesine neden olur. Birçok kimsenin perdahlanmanın safihanın yalnız metal valsle temas eden yüzünde meydana geldiğine inanmasına karşın, bir miktar perdahlanmanın da safihanın lifli vals tarafından meydana geldiği gösterilmiştir. Uygun bir şekilde yapılmadığı takdirde, süperkalenderleme kağıdın dayanımını olumsuz yönde etkileyebilir. Yırtılma dayanımı süperkalenderleme ile % 50 kadar azalabilir.

Süper kalenderlerin sağladığı perdah makine kalenderlerinin verdiği perdahtan çok yüksektir. Cilalama etkisinin daha büyük olmasından dolayı, daha yüksek bir parlaklık derecesi elde edilir. Parlaklık esas olarak sürtünmeyle sağlanır, oysa düzgünlüğün ana nedeni basınçtır. Böylelikle, makine kalenderlerinde basıncın yüksek, sürtünmenin az olması perdahlık derecesi nisbeten düşük olan düzgün bir kağıt verir. Süperkalenderler ise yalnızca yüksek bir perdah vermekle kalmayıp, lifli valslerin esnek bir yastık görevi görmelerinden dolayı, aynı zamanda daha tekdüze bir perdah da sağlarlar. Baskı kağıtları genellikle 65-82 °C arasında süperkalenderlenir. Kullanılan basınca, hıza ve lifli valslerin yumuşaklığına bağlı olarak, kalenderleme sırasında ısı meydana gelir. Daha fazla ısı istendiğinde, metal valslerin bir veya birkaçında buhar kullanılabilir. Bununla beraber çok yüksek bir sıcaklık lifli valsler olumsuz etki yapar ve bazı kağıtlar için metal valslerin bir veya birkaçında soğutma suyu kullanılması gerekir (Casey, 1960).

#### **1.5.13. Mal sarıcı**

Mal sarıcı sürekli üretilen kağıdı makara şeklinde sarmak için kullanılır. Tampon sıklığı ve kenar düzgünlüğü önemli parametrelerdendir. Tampon değişimi sırasında kağıdın işlem dışı kopmaması gerekir (Karıncaoğlu, 2010).

#### **1.5.14. Bobin sarma**

Bobin makinesi istenen özellikler doğrultusunda kağıdın tampondan bobine dönüşümü sağlar. Sarım işlemi biten bobin son uç yapıştırılarak çemberlenir ve bobin kantarında tartılır. Burada gerekli etiket üretilir ve bobin üzerine yapıştırılır. Buradan mamul ambarına teslim edilir (Yakut, 2012).

## 1.6. Kartonların Fiziksel Özellikleri ve Testleri

Kartonların fiziksel özellikleri mukayeseli testlerle belirlenir. Fabrikalarda müşteri taleplerini yerine getirmek ve üretimi sağlıklı sürdürmek açısından testler yapılır. Burada amaç istenilen kalitenin sürekliliğidir. Elyafın özelliklerini iyileştirmek ve yeni ürünler geliştirmek için de testler yapılmaktadır. Bunun yanında bir makinanın üretimdeki kalite değerlerini önceden öngörmek mümkün değildir. Bir ürünün son derece karmaşık çevresel parametrelere bağımlılığı bulunmaktadır.

Kağıt ve kartonlar higroskopik (nem çekme özelliği olan) malzeme olmaları nedeniyle tüm testlerin  $23 \pm 1$  °C ısı ve  $\% 50 \pm 2$  nem ile şartlandırılmış standart atmosferde yapılması gerekmektedir.

Standartlar, uluslararası düzeyde, endüstri düzeyinde ve ulusal düzeyde hazırlanırlar. Kağıt üretiminde yararlanılan standartlar:

**ISO** International Standarts Organisation (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)

**TAPPI** Technical Association of the Pulp and Paper Industry (Selüloz ve Kağıt Sanayi Teknik Derneği)

**EN** European Norm (Avrupa Standartları)

**TS** Türk Standartları tarafından hazırlanmıştır

**Gramaj ( $\text{gr}/\text{m}^2$ ):** Standart atmosfer şartlarında  $1 \text{ m}^2$  alana sahip kağıdın ağırlığının gr cinsinden değeri, o kağıdın gramajı olarak ifade edilir. Düşük olması taşıma performansını etkilerken; değişken olması nem ve poroziteyi değiştirdiği için bobin dönüşünü etkiler. Birimi  $\text{gr}/\text{m}^2$  dir. TS 3122 EN ISO 536 (Anonim a, 1998).

**Kalınlık ( $\mu$ ):** Standart deney metodu kullanılarak, uygulanan statik bir yük altında tayin edilen, kağıt veya kartonun bir yüzü ile diğeri arasındaki mesafedir. Kağıt veya kartonun ortalama tek tabaka kalınlığını elde etmek için, ölçme değerlerinin (20'den az olmayan) ortalama değeri hesaplanır. Sonuç anlamlı üç rakam olarak mikrometre cinsinden ifade edilir. TS 3120 EN 20534/Nisan 1996.

**Hacimlilik ( $\text{cm}^3/\text{gr}$ ):** Standart deney metodu kullanılarak, uygulanan statik bir yük altında ölçülen, üst üste konulmuş birkaç tabaka (bir paket olarak ifade edilen) kalınlığından hesaplanan, kağıdın tek tabaka kalınlığıdır. TS 3120 EN 20534/Nisan 1996.

Yoğunluk ( $\text{gr/cm}^3$ ): Tek tabaka kalınlığından hesaplanan ve  $\text{gr/cm}^3$  olarak ifade edilen kağıt veya kartonun kütlesinin birim hacme oranıdır. Bu terim, normal olarak kâğıt veya kartona uygulanabilir. TS 3120 EN 20534/Nisan 1996.

Yüzey Pürüzlülüğü – Düzgünlük ( $R_a = \mu\text{m}$ ): Çeşitli yöntemler ile işlenen malzemenin yüzeyinde oluşan şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan, oldukça küçük ve periyodik bir şekilde tekrarlanan düzensizliklere denilmektedir (Stumbo, 1963; Peters ve Cumming, 1970).

Başka bir tanımda ise yüzey pürüzlülüğü; kullanılan üretim yöntemleri veya işleme faktörlerinin etkileri ile oluşan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleri şeklinde tanımlanmaktadır (TS 6956, ISO 4287, 2004).

Düzgünlük ise; kağıdın yüzey engebeleri veya kağıt yüzeyinin mekanik mükemmelliği ile ilgilidir. Düzgünlük, topaklar, elek ve keçe izleri, lav (tüylenme), yabancı maddeler, lifler arası boşluklar, eziklik, kırıksıklık, mekanik hasar (pullanma, pres ve kalender kesikleri), sıkıştırma yapılamaması ve yüzey bozukluklarının olmaması demektir. Bir kağıdın yüzey düzgünlüğü basılabilirliğini etkiler (Sözen, 1999).

Kağıdın yüzey düzgünlüğünün ve pürüzlülüğünün tayini için tek bir yöntem önerilmez. Uygulanan çeşitli yöntemler arasında tam bir korelasyon yoktur.

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti çıkıntılarının oluşturduğu düzensizlikler olarak belirtilebilir. Bunlardan yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, genellikle ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ), on nokta yüksekliği ( $R_z$ ) ve en büyük pürüzlülük  $R_y$  ( $R_{max}$ ) ölçüt alınır (TS 6956, 2004).

Hava Geçirgenliği ( $1 \mu\text{m}/(\text{pa.s})$ ): Hava geçirgenliği, birim alandan, birim zamanda, birim basınç farkında ve belirli şartlarda geçen ortalama hava akışı olup, Paskal saniyede mikrometre birimi ile ifade edilir. [ $1 \text{m}^3/\text{m}^2.\text{Pa.s}$ ] =  $1 \mu\text{m}/(\text{pa.s})$ ] TS ISO 5636-5/Mart 2002

Kopma Dayanımı (m): Kağıdın kopma direnci gerilime karşı direncini gösterir. Testin uygulanmasında 10-18 cm uzunluğunda 15 mm eninde kağıt şerit kullanılır. Kağıdın kopma direnci kağıttaki lifler arası bağlara, kağıdın sağlamlığına ve kağıt şeridinin uzunluğuna bağlıdır. Kopma testinde kağıt şerit iki sarkaç arasına dikey olarak yerleştirilir.

Kıskaçlardan biri hareket ederek kağıt şeridin gerilmesi, uzaması ve kopması sağlanır. Kağıdın koptuğu andaki çekme kuvveti kg cinsinden kaydedilir. TS 3121-2 ISO 1924-1 (Anonim b, 1997)

Yırtılma Direnci ( $mN.m^2/gr$ ): Yırtılma dayanımı, kağıt ve kartonun tek tabakasındaki ilk kesik tarafından başlatılan yırtılmanın devam etmesi için gereken ortalama kuvvettir, ilk kesik makine yönündeysen, sonuç, makine yönündeki yırtılma dayanımı olarak verilir; benzer şekilde ilk kesik karşı yönde ise, sonuç, makineye dik yöndeki yırtılma dayanımı olarak verilir. Sonuç, milinewton (mN) olarak ifade edilir.

Yırtılma indeksi ise; kağıt veya kartonun yırtılma dayanımı çarpı metrekare/gram ( $mN.m^2/g$ ) olarak ifade edilir. TS 4423EN 21974/Nisan 1996.

Patlama Direnci (kPa veya  $kg/cm^2$ ): Patlama dayanımı; basınç uygulandığında kağıdın dairesel alanındaki elastik diyaframın zorlanmasıyla hidrolik sistem tarafından geliştirilen maksimum basınçtır. Bu standard patlama dayanımı 350 kPa ile 5500 kPa aralığında olan kartonlar (oluklu ve katı mukavvayı da içerir) için uygulanabilir. TS 3123 EN ISO 2759 Nisan 2004.

Kat Ayrımı ( $J/m^2$ ): Yüzeysel çekme uygulayarak kağıdın dayanımının ölçülmesidir. Birimi  $J/m^2$  dir. (TAPPI 569 – Scoot Bond/2009).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Vaaitinen ve arkadaşları (2008), “Kuşeli Kağıt Kalitesini İyileştirmede Yeni Kalenderleme ve Kuşeleme Araçları” başlıklı çalışmalarında, pilot ölçekte ön kalenderleme, kuşeleme ve son kalenderleme koşullarının kuşeli kağıt üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda metal silindirli kalenderleme işleminin kağıdın yazılabilirliğini ve yüzey düzgünlüğünü iyileştirdiğini ve ön kalenderleme işleminin kağıt optik özelliklerine etki etmediğini bildirmişlerdir.

Vernhes ve arkadaşları (2009), “Kalenderlemenin Kağıt Yüzeyi Mikro Yapısına Etkisi” başlıklı çalışmalarında 80 ve 110 gramajındaki ofis kağıtlarına kalenderleme işlemi uygulamışlardır. Kalenderleme işlemini çift silindirli (biri metal diğeri elastik) laboratuvar tipi kalenderleme cihazında (0-40 bar ve 0-100 °C) 4 farklı koşulda (sıcaklık ve basınç) yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışma sonucunda iki kağıdında benzer özellikler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Verhens ve arkadaşları (2010), “Kalenderlemenin Kağıt Yüzeyi Üzerine Etkileri” başlıklı diğer bir çalışmalarında, kısa ve uzun elyaflardan üretilmiş oldukları iki farklı kağıda 100 oC’de 100 kN/m basınçta kalenderleme işlemi yapmışlardır. Çalışmalarının sonuçlarını kalenderleme işlemi yapmadıkları kağıt ile karşılaştırmışlar ve kalenderlemenin kağıt yüzey özelliklerinde iyileşmeler meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Caner ve arkadaşları (2013), “Kuşeleme Formülasyonunun Kuşelenmiş Kağıtların Parlaklık Özellikleri Üzerine Etkileri” başlıklı çalışmalarında kalenderleme koşullarının kuşeli kağıtların parlaklık üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı sıcaklık ve basınç altında kuşeli kağıtlara kalenderleme işlemi yapmışlardır. Kalenderleme sıcaklığının artmasıyla RMS yüzey yüksekliğinde azalmaların, parlaklık özelliğinde ise artmaların olduğunu bildirmişlerdir.

Liu ve arkadaşları (2013), kalenderleme koşullarının kağıt özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kuşeleme yapılan kağıtların kalenderlenmesi sırasında sıcaklık, hız ve linear yüklemenin kağıt optik özellikleri üzerine etkilerini incelemişler ve işlem sırasında linear yüklemenin sıcaklık ve hıza göre daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Holmstad ve arkadaşları (2004), sıcaklığın süperkalender kağıtların yapısındaki etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışma sonucunda kağıtların yüzey pürüzlülüğünün azaldığını ve parlaklık değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

“Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Kalender Kullanımının Etkisinin Araştırılması” adlı bu çalışmada, araştırma materyali olarak, Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş. Kahramanmaraş Fabrikası’ndan temin edilen gri (320, 350 ve 400 gr/m<sup>2</sup>) ve miğfer (165, 275 ve 400 gr/m<sup>2</sup>) kartonlar kullanılmıştır.

Çalışmanın test aşamaları; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kağıt ve Karton Üretim Laboratuvarlarında ve Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş.’nin AR-GE Laboratuvarlarında ortak olarak yürütülmüştür.

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.

#### 3.2. Karton Kalenderleme İşlemi

Kalenderleme koşullarının etkisinin kontrolü için; öncelikle kalenderleme yapılacak kartonlara; gramaj, kalınlık, hacimlilik, yoğunluk, yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği, kopma uzunluğu, yırtılma direnci, patlama mukavemeti ve kat ayrımı testleri uygulanmıştır.

Gri Kartonlar ve miğfer belirlenen rutubete getirilerek kalenderleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu işlem için; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kağıt Laboratuvarında bulunan laboratuvar tipi kalender makinesi kullanılmıştır. Bu cihazda kalenderleme işlemi için farklı sıcaklık, basınç ve süre gibi etmenlerde değişkenlikler yapılabilmektedir. 25x20 cm boyutlarındaki gri ve miğfer kartonlara aşağıda Çizelge 3.1’de verilen koşullarda kalenderleme işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Gri ve miğfer kartonların kalenderleme koşulları

Kalenderleme Koşulları	Değerler
Sıcaklık (°C)	110, 130, 150, 170
Basınç (bar)	10, 15, 20, 25
Süre (saniye)	3, 5

Çizelge 3.1’de verilen koşullar farklı gramajlardaki tüm kartonlara uygulanmıştır. Kalenderleme işleminden sonra kartonlar fiziksel testlere tabi tutulmadan önce kondisyon odasında 24 saat boyunca bekletilmiştir.

### 3.3. Kartonların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Her bir gramaj için toplamda 32 farklı koşulda kalenderleme işlemi uygulanan ve kalenderleme işlemi uygulanmayan gri ve miğfer kartonlar aşağıda Çizelge 3.2’de verilen fiziksel testlere ilgili standartlara bağlı kalınarak tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.2. Gri ve miğfer kartonlara uygulanan fiziksel testler

Fiziksel Testler	Standartlar
Gramaj ( $\text{gr}/\text{m}^2$ )	TS 3122 EN ISO 536 (Anonim a, 1998)
Kalınlık ( $\mu$ )	TS 3120 EN 20534/Nisan 1996
Hacimlilik ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	TS 3120 EN 20534/Nisan 1996
Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	TS 3120 EN 20534/Nisan 1996
Yüzey pürüzlülüğü (Ra)	TS 6956, ISO 4287, 2004
Hava geçirgenliği ( $1 \mu\text{m}/(\text{pa.s})$ )	TS ISO 5636-5/Mart 2002
Kopma uzunluğu (m)	TS 3121-2 ISO 1924-1 (Anonim b, 1997)
Yırtılma direnci ( $\text{mN.m}^2/\text{gr}$ )	TS 4423 EN 21974 (Anonim c, 1996)
Patlama direnci (kPa veya $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	TS 3123 EN ISO 2759 Nisan 2004
Kat Ayrımı ( $\text{J}/\text{m}^2$ )	TAPPI 569 – Scoot Bond/2009

Gri ve miğfer kartonların fiziksel özelliklerini belirlemek için tüm testler üç kez tekrarlanmış ve ortalama değerler kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Gri ve Miğfer Kartonların Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular

Aşağıda Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te gri kartonların Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da miğfer kartonların farklı koşullarda kalenderleme işlemi sonrası elde edilen fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde kartonlara uygulanan kalenderleme işlemi ile kalınlık, hacimlilik, yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği değerleri azalmaktadır. Kalenderleme kalıcı bir mekanik deformasyon sayesinde pürüzsüzlük ve parlaklık gibi yüzey karakteristiklerini geliştirmektedir (Robertson, 1999). Yapılan bu çalışma sonucunda kalenderleme işlemi ile farklı gramajlardaki kartonların yüzey pürüzlülük değerlerinde kayda değer bir azalma meydana gelmiştir. Akış direnci özelliklerini etkileyen gözenek yapısı doğal olarak lif ağının yapısı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle, elyaf ağındaki gözenek hacminin gözenekliliğini veya dağılımını etkileyen yapısal faktörler, hava geçirgenliğini de potansiyel olarak etkiler. Kalenderleme işlemi, lifler arasındaki boşlukları etkilemektedir (Rasi, 2013). Kartonlara uygulanan kalenderleme işlemi ile lifler arasındaki boşluklar daralmış ve dolayısıyla hava geçirgenliği değerleride azalmıştır. Kalenderlemede uygulanan sıcaklık ve basıncın etkisiyle kağıt ve kartonların hacimliliği ve kalınlığı azalmaktadır. Bu durum özellikle kalenderlemede uygulanan basıncın etkisiyle liflerin yassılaşmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda 320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde optimum değerler 170 °C sıcaklık, 3 saniye süre ve 25 bar basınçta, 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde 170 °C sıcaklık, 3 saniye süre ve 20 bar basınçta, 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde ise 170 °C sıcaklık, 3 saniye süre ve 15 bar basınçta, 165 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde optimum değerler 170 °C sıcaklık, 5 saniye süre ve 25 bar basınçta, 275 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde 170 °C sıcaklık, 3 saniye süre ve 10 bar basınçta, 400 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde ise 150 °C sıcaklık, 3 saniye süre ve 20 bar basınçta elde edilmiştir. Bu nedenle sıcaklık, süre ve basıncın kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemede bu optimum koşullar sabit tutulmuştur.

Çizelge 4.1. 320 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	Kat Ayrımı (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			462	1.471	0.680	5.12	40	2620	1342	6.90	2.8	150
2	110	3	10	435	1.417	0.706	4.50	44	2701	1373	6.01	2.8	162
3	110	3	15	431	1.390	0.719	4.29	46	2763	1360	6.00	3.2	171
4	110	3	20	426	1.383	0.723	4.18	46	2649	1302	5.81	3.1	159
5	110	3	25	422	1.399	0.715	3.63	46	2492	1443	5.96	2.9	169
6	110	5	10	426	1.361	0.735	4.20	49	2585	1368	6.02	3.1	174
7	110	5	15	423	1.356	0.738	4.05	49	2527	1264	6.16	2.8	166
8	110	5	20	421	1.371	0.729	3.91	49	2635	1373	6.44	3.1	168
9	110	5	25	418	1.385	0.722	3.86	48	2728	1408	6.50	3.2	176
10	130	3	10	431	1.373	0.729	4.45	47	2490	1234	6.52	3.0	162
11	130	3	15	426	1.365	0.732	4.34	48	2636	1242	6.24	2.9	162
12	130	3	20	421	1.419	0.705	4.27	48	2781	1391	6.14	3.3	166
13	130	3	25	418	1.432	0.698	3.87	49	2873	1294	6.13	3.1	158
14	130	5	10	426	1.374	0.728	3.77	50	2719	1294	6.08	3.0	162
15	130	5	15	424	1.403	0.713	3.70	51	2737	1391	6.22	3.0	160
16	130	5	20	420	1.391	0.719	3.64	53	2679	1261	6.13	2.8	156
17	130	5	25	417	1.376	0.727	3.58	55	2715	1256	6.42	3.1	158
18	150	3	10	427	1.369	0.731	4.13	53	2527	1264	6.21	3.0	160
19	150	3	15	424	1.372	0.729	3.90	55	2816	1452	6.48	2.8	158
20	150	3	20	421	1.367	0.731	3.77	55	2741	1404	6.12	2.9	154
21	150	3	25	417	1.403	0.713	3.43	56	2787	1314	6.57	2.7	154
22	150	5	10	406	1.304	0.767	3.40	62	2799	1333	6.95	3.1	163
23	150	5	15	404	1.307	0.765	3.27	63	2750	1320	6.17	3.2	152
24	150	5	20	399	1.297	0.771	3.19	63	2585	1303	6.42	3.2	156
25	150	5	25	398	1.296	0.771	3.03	64	2724	1262	5.83	2.9	160
26	170	3	10	389	1.235	0.810	3.55	66	2701	1395	6.75	3.0	166
27	170	3	15	384	1.263	0.792	3.11	66	2818	1364	6.45	3.1	164
28	170	3	20	383	1.259	0.794	3.02	67	2662	1364	6.04	2.9	159
29	170	3	25	381	1.274	0.785	2.85	68	2724	1329	6.16	2.9	159
30	170	5	10	382	1.248	0.801	3.48	68	2844	1422	6.21	3.1	164
31	170	5	15	381	1.247	0.802	3.04	70	2706	1319	6.56	2.8	158
32	170	5	20	379	1.241	0.806	2.97	72	2569	1417	6.80	3.0	155
33	170	5	25	372	1.228	0.815	2.86	74	2603	1391	6.53	2.9	160

Çizelge 4.2. 350 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	S.Bond (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			528	1.492	0.670	5.97	33	2881	1344	6.70	3.4	190
2	110	3	10	498	1.399	0.715	5.02	33	2578	1298	5.97	3.4	206
3	110	3	15	488	1.341	0.746	4.82	34	2708	1289	6.21	3.6	195
4	110	3	20	481	1.347	0.742	4.76	34	2666	1314	6.07	3.6	197
5	110	3	25	480	1.371	0.729	4.45	35	2797	1360	5.87	3.7	217
6	110	5	10	476	1.356	0.737	4.30	36	2789	1356	5.79	3.7	210
7	110	5	15	475	1.319	0.758	4.15	35	2568	1303	5.71	3.7	190
8	110	5	20	472	1.380	0.725	4.05	36	2942	1352	6.68	4.0	191
9	110	5	25	470	1.335	0.749	3.97	37	2936	1333	6.40	3.9	188
10	130	3	10	478	1.394	0.718	3.91	36	3013	1387	6.36	3.9	189
11	130	3	15	476	1.368	0.731	3.79	35	2735	1328	5.98	3.7	194
12	130	3	20	474	1.317	0.759	3.85	34	2776	1265	6.00	3.5	196
13	130	3	25	470	1.313	0.762	3.79	35	2810	1272	6.16	3.8	199
14	130	5	10	481	1.336	0.748	4.10	39	2738	1284	6.10	3.8	187
15	130	5	15	478	1.328	0.753	4.00	39	2776	1322	6.02	3.9	192
16	130	5	20	476	1.297	0.771	3.90	38	2778	1278	5.58	3.7	194
17	130	5	25	475	1.334	0.749	3.81	39	2845	1298	6.13	3.8	197
18	150	3	10	478	1.346	0.743	4.04	40	2911	1340	5.46	3.9	196
19	150	3	15	476	1.341	0.746	3.83	39	2872	1360	6.15	4.0	194
20	150	3	20	475	1.334	0.749	3.75	40	2845	1298	5.58	3.7	192
21	150	3	25	470	1.313	0.762	3.67	40	2848	1329	5.83	3.7	195
22	150	5	10	474	1.331	0.751	3.61	41	2845	1318	5.82	3.7	193
23	150	5	15	465	1.317	0.759	3.58	45	2658	1406	5.56	3.8	204
24	150	5	20	454	1.279	0.782	3.50	46	2987	1379	5.48	3.6	198
25	150	5	25	444	1.261	0.793	3.47	48	3090	1429	5.86	3.9	190
26	170	3	10	468	1.300	0.769	3.83	46	2984	1322	5.58	3.7	194
27	170	3	15	465	1.306	0.766	3.74	45	3074	1298	5.53	3.6	197
28	170	3	20	461	1.277	0.783	3.59	47	3051	1375	5.30	4.0	200
29	170	3	25	455	1.285	0.778	3.48	46	2784	1344	5.72	3.8	186
30	170	5	10	456	1.318	0.759	3.69	52	3065	1336	6.26	4.0	197
31	170	5	15	450	1.275	0.784	3.34	55	3043	1387	6.27	4.0	196
32	170	5	20	447	1.270	0.787	3.14	55	2897	1255	6.18	3.9	192
33	170	5	25	440	1.246	0.802	2.99	61	2927	1290	5.67	3.7	188

Çizelge 4.3. 400 gramajındaki gri kartonlara ait fiziksel özellikler

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	S.Bond (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			586	1.433	0.698	5.74	39	2792	1263	6.52	4.2	200
2	110	3	10	578	1.410	0.709	4.93	41	2653	1227	7.85	5.0	223
3	110	3	15	574	1.393	0.718	4.80	39	2904	1254	6.78	4.5	229
4	110	3	20	576	1.385	0.722	4.61	39	2745	1144	7.21	4.8	211
5	110	3	25	581	1.383	0.723	4.39	39	2654	1311	6.99	4.7	190
6	110	5	10	580	1.391	0.719	4.53	40	2576	1369	7.17	4.6	199
7	110	5	15	578	1.379	0.725	4.45	41	2385	1168	6.99	4.5	220
8	110	5	20	576	1.385	0.722	4.39	41	2435	1258	6.57	4.6	213
9	110	5	25	574	1.373	0.728	4.26	42	2505	1138	7.36	5.1	206
10	130	3	10	573	1.404	0.712	4.40	42	2566	1250	6.94	4.6	218
11	130	3	15	568	1.396	0.717	4.32	41	2806	1403	7.71	4.5	204
12	130	3	20	563	1.334	0.750	4.14	40	2916	1273	6.64	4.4	225
13	130	3	25	560	1.327	0.754	4.01	42	2787	1224	7.12	4.4	210
14	130	5	10	571	1.344	0.744	4.42	43	2943	1280	7.48	5.2	196
15	130	5	15	568	1.379	0.725	4.15	42	2904	1320	7.49	4.7	196
16	130	5	20	562	1.354	0.738	3.92	41	2850	1163	7.32	5.0	208
17	130	5	25	559	1.357	0.737	3.74	42	2921	1304	7.33	4.8	201
18	150	3	10	565	1.348	0.742	4.17	43	2937	1233	6.84	5.1	191
19	150	3	15	565	1.342	0.745	4.05	41	3036	1324	6.95	4.6	198
20	150	3	20	551	1.371	0.730	4.00	42	3112	1353	7.63	5.0	204
21	150	3	25	558	1.358	0.737	3.88	42	2911	1274	7.28	4.8	218
22	150	5	10	558	1.332	0.751	4.12	52	2823	1249	7.04	4.9	211
23	150	5	15	549	1.320	0.758	3.83	51	2778	1144	7.26	5.1	220
24	150	5	20	541	1.316	0.760	3.64	52	2928	1224	7.31	4.8	213
25	150	5	25	530	1.318	0.758	3.49	53	2959	1420	6.91	5.0	224
26	170	3	10	555	1.331	0.751	4.16	47	2853	1467	6.96	4.8	211
27	170	3	15	551	1.344	0.744	3.92	48	2819	1360	6.41	5.1	218
28	170	3	20	548	1.340	0.746	3.71	50	2859	1380	7.41	4.6	207
29	170	3	25	545	1.329	0.752	3.69	50	2719	1227	6.74	4.6	215
30	170	5	10	539	1.286	0.777	3.62	53	2677	1249	7.42	4.6	202
31	170	5	15	533	1.281	0.780	3.56	56	2876	1193	7.47	4.2	210
32	170	5	20	529	1.272	0.786	3.38	56	2843	1144	6.53	5.0	217
33	170	5	25	519	1.245	0.803	3.17	58	2967	1386	8.09	4.7	215

Çizelge 4.4. 165 gramajındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	S.Bond (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			268	1.576	0.634	4.88	26	4399	1719	7.16	3.0	122
2	110	3	10	252	1.556	0.643	3.95	30	5371	1846	7.27	2.8	151
3	110	3	15	241	1.470	0.680	3.78	29	4974	1782	6.60	3.0	143
4	110	3	20	235	1.416	0.706	3.72	29	4832	1761	7.19	2.9	135
5	110	3	25	233	1.387	0.721	3.60	30	5220	1821	5.75	2.5	141
6	110	5	10	246	1.464	0.683	3.92	32	4937	1902	6.91	2.7	137
7	110	5	15	242	1.440	0.694	3.74	31	5058	1821	6.77	2.8	154
8	110	5	20	240	1.412	0.708	3.52	31	4839	1719	6.32	2.9	150
9	110	5	25	235	1.399	0.715	3.49	32	4856	1861	6.12	2.5	142
10	130	3	10	240	1.429	0.700	3.93	34	4734	1902	6.68	2.8	151
11	130	3	15	239	1.431	0.699	3.81	35	5129	1710	6.91	2.8	153
12	130	3	20	234	1.410	0.709	3.66	34	4914	1761	7.09	2.6	147
13	130	3	25	232	1.349	0.741	3.43	34	4940	1739	6.62	2.7	150
14	130	5	10	238	1.434	0.697	3.91	37	5201	1720	7.19	3.0	148
15	130	5	15	238	1.400	0.714	3.62	37	4999	1799	6.37	3.1	154
16	130	5	20	237	1.411	0.709	3.42	35	5018	1780	6.63	2.9	149
17	130	5	25	230	1.386	0.722	3.22	37	4791	1925	6.62	3.0	158
18	150	3	10	238	1.451	0.689	3.60	43	4974	1865	6.60	2.9	154
19	150	3	15	232	1.432	0.698	3.44	38	5245	1930	6.59	2.9	158
20	150	3	20	228	1.357	0.737	3.36	40	5099	1780	5.65	2.8	153
21	150	3	25	216	1.333	0.750	3.26	42	5203	1930	6.54	3.0	156
22	150	5	10	230	1.353	0.739	3.48	47	5079	1879	6.51	3.0	153
23	150	5	15	226	1.314	0.761	3.20	44	5059	1779	6.66	3.1	155
24	150	5	20	221	1.315	0.760	3.15	44	4734	1821	6.31	3.0	148
25	150	5	25	215	1.280	0.781	3.10	47	4815	1861	6.21	2.9	146
26	170	3	10	232	1.381	0.724	3.23	52	5018	1700	6.40	2.9	139
27	170	3	15	225	1.324	0.756	3.00	50	5198	1719	6.51	2.9	151
28	170	3	20	221	1.348	0.742	2.95	49	5347	1990	6.51	2.9	160
29	170	3	25	215	1.295	0.772	2.87	53	4914	1925	6.15	2.8	149
30	170	5	10	225	1.324	0.756	3.06	57	4839	1719	6.37	2.7	147
31	170	5	15	222	1.306	0.766	2.94	52	4919	1759	6.56	3.0	149
32	170	5	20	217	1.292	0.774	2.83	55	5099	1983	6.45	2.7	153
33	170	5	25	212	1.233	0.811	2.69	59	4782	1976	6.16	3.0	148

Çizelge 4.5. 275 gramajındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler

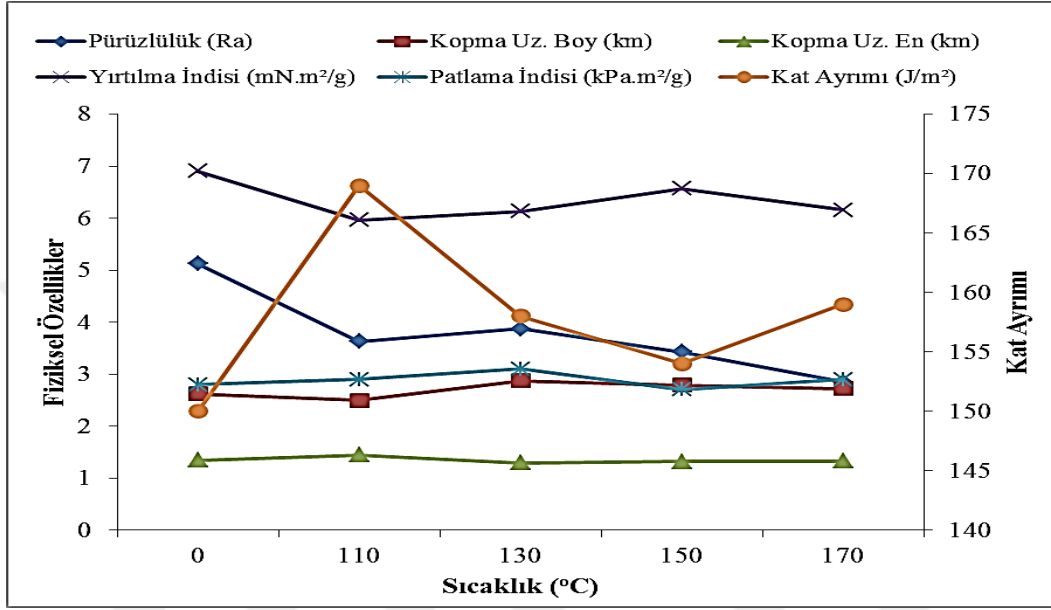
Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	S.Bond (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			444	1.632	0.613	6.05	40	2924	1550	6.81	3.2	164
2	110	3	10	434	1.550	0.645	4.54	43	2792	1457	6.73	3.4	198
3	110	3	15	427	1.570	0.637	4.36	44	3074	1425	7.01	3.0	192
4	110	3	20	421	1.548	0.646	4.31	45	3249	1300	6.87	3.3	193
5	110	3	25	422	1.569	0.637	4.16	46	2426	1112	7.06	3.2	180
6	110	5	10	424	1.576	0.634	4.37	47	2679	1213	7.35	3.2	186
7	110	5	15	418	1.566	0.639	4.11	47	3004	1298	7.08	3.2	184
8	110	5	20	416	1.535	0.651	4.09	48	2835	1254	6.89	3.3	191
9	110	5	25	415	1.543	0.648	3.93	49	2704	1314	7.47	3.3	194
10	130	3	10	426	1.532	0.653	4.32	51	2274	1100	6.49	3.5	193
11	130	3	15	423	1.544	0.648	4.17	52	2431	1116	7.02	3.5	186
12	130	3	20	421	1.548	0.646	4.13	52	2924	1350	7.50	3.4	200
13	130	3	25	416	1.570	0.637	3.95	53	2668	1283	7.20	3.3	192
14	130	5	10	422	1.540	0.649	4.17	49	2754	1092	7.07	3.4	185
15	130	5	15	420	1.511	0.662	4.04	51	2616	1174	6.66	3.3	197
16	130	5	20	416	1.502	0.666	3.91	52	2798	1227	7.22	3.1	191
17	130	5	25	414	1.533	0.652	3.81	54	2669	1133	7.32	3.2	184
18	150	3	10	425	1.529	0.654	4.07	58	3448	1614	7.28	3.2	187
19	150	3	15	422	1.563	0.640	3.96	58	3374	1435	7.18	3.2	180
20	150	3	20	421	1.536	0.651	3.88	60	3176	1290	6.59	3.3	191
21	150	3	25	420	1.544	0.648	3.67	63	3099	1350	6.78	3.2	186
22	150	5	10	424	1.531	0.653	4.02	68	2920	1227	7.14	3.1	182
23	150	5	15	416	1.529	0.654	3.88	69	3174	1300	7.13	3.2	182
24	150	5	20	414	1.489	0.671	3.85	70	3252	1369	6.78	3.3	188
25	150	5	25	412	1.471	0.680	3.65	72	3156	1165	6.90	3.1	180
26	170	3	10	398	1.411	0.709	3.43	71	2845	1229	6.76	3.1	177
27	170	3	15	391	1.427	0.701	3.24	74	2431	1092	7.59	3.4	183
28	170	3	20	386	1.457	0.687	3.10	76	3130	1462	6.99	3.6	191
29	170	3	25	383	1.429	0.700	3.03	78	2638	1547	7.09	3.4	177
30	170	5	10	396	1.451	0.689	3.32	75	2764	1345	6.64	3.3	184
31	170	5	15	390	1.393	0.718	3.07	79	2865	1360	7.18	3.5	185
32	170	5	20	389	1.441	0.694	3.00	80	2770	1309	6.92	3.4	183
33	170	5	25	386	1.394	0.718	2.83	88	2773	1301	6.37	3.4	187

Çizelge 4.6. 400 gramındaki miğfer kartonlara ait fiziksel özellikler

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (Sn)	Basınç (Bar)	Kalınlık (μ)	Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Pürüzlülük (Ra)	Hava Geçirgenliği (sn)	Kopma Uzunluğu (m)		Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	Patlama Mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	S.Bond (J/m <sup>2</sup> )
									Boy	En			
1	KONTROL			552	1.346	0.743	6.19	47	4742	1459	9.65	8.6	483
2	110	3	10	546	1.355	0.738	4.80	50	4554	2362	9.54	8.3	462
3	110	3	15	537	1.336	0.749	4.62	51	4650	2165	9.68	8.4	444
4	110	3	20	531	1.311	0.763	4.55	54	4482	2249	10.31	8.9	477
5	110	3	25	528	1.317	0.759	4.30	50	4204	2017	10.33	7.6	483
6	110	5	10	545	1.349	0.741	4.62	51	5048	2423	9.13	9.9	479
7	110	5	15	542	1.338	0.747	4.51	50	5002	2266	9.96	8.4	410
8	110	5	20	538	1.312	0.762	4.34	53	4974	2288	10.39	10.0	457
9	110	5	25	526	1.283	0.779	4.14	52	4974	2288	10.18	8.7	441
10	130	3	10	541	1.285	0.778	4.23	52	4360	2099	9.75	10.0	418
11	130	3	15	526	1.315	0.760	4.11	53	4963	2413	10.73	8.7	435
12	130	3	20	524	1.287	0.777	3.95	54	5011	2255	10.37	9.3	421
13	130	3	25	518	1.289	0.776	3.90	54	5073	2097	10.74	9.1	458
14	130	5	10	538	1.345	0.743	3.97	52	4861	2226	11.01	9.1	460
15	130	5	15	536	1.311	0.763	3.82	54	4986	2094	11.61	10.0	451
16	130	5	20	527	1.279	0.782	3.76	53	4802	2244	10.21	8.9	436
17	130	5	25	521	1.290	0.775	3.61	54	4812	1969	10.65	8.4	444
18	150	3	10	536	1.323	0.756	3.72	55	5036	2115	10.08	9.0	428
19	150	3	15	530	1.305	0.766	3.64	54	5023	2059	10.40	8.7	437
20	150	3	20	526	1.274	0.785	3.44	55	4938	2173	10.32	8.5	456
21	150	3	25	522	1.234	0.810	3.32	58	4821	2089	10.22	9.2	440
22	150	5	10	525	1.316	0.760	3.57	60	5111	2317	11.15	9.7	471
23	150	5	15	520	1.268	0.788	3.42	61	4974	2222	8.42	9.6	451
24	150	5	20	515	1.241	0.806	3.36	62	4914	2146	10.55	9.9	464
25	150	5	25	513	1.245	0.803	3.23	63	4752	2046	10.34	9.4	438
26	170	3	10	527	1.282	0.780	3.51	57	4532	2117	9.95	8.0	416
27	170	3	15	524	1.269	0.788	3.40	60	4444	2206	10.95	9.8	452
28	170	3	20	522	1.267	0.789	3.32	60	4637	2145	8.67	9.9	437
29	170	3	25	514	1.301	0.768	3.08	64	5094	2203	9.66	8.4	447
30	170	5	10	512	1.249	0.801	3.47	69	4593	2155	10.18	8.4	462
31	170	5	15	506	1.304	0.767	3.30	72	5256	2348	9.32	9.5	436
32	170	5	20	496	1.207	0.829	3.23	74	4813	2051	9.28	9.4	412
33	170	5	25	490	1.219	0.820	3.01	79	5073	2131	11.13	7.8	426

## 4.2. Sıcaklığın Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

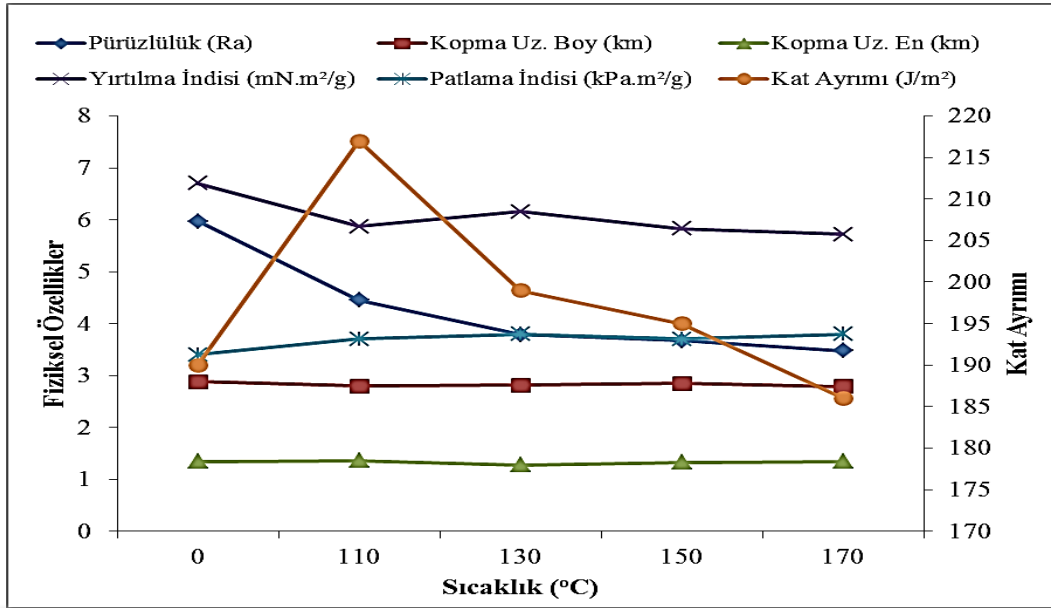
Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklığın gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki süre ve basınç sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te farklı gramajlardaki gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine sıcaklığın etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sıcaklığın 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şekil 4.1 incelendiğinde, 320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklığın 110 °C'den 170 °C'ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğü yaklaşık olarak %21.4 oranında azalarak 2.78 Ra'ya düşmüştür. Kat ayrımı değerleri ise %5.91 oranında azalmıştır. Kopma uzunluğu, yırtılma ve patlama indisi değerleri üzerinde sıcaklığın kayda değer bir etki göstermediği Şekil 4.1'de görülmektedir.

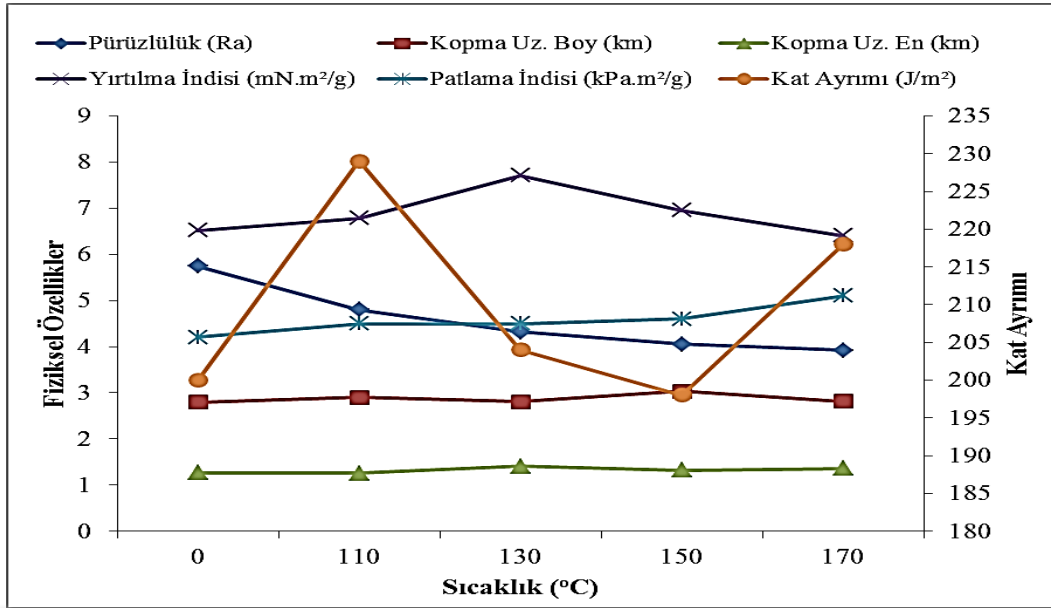
Kalenderleme işleminin 320 gramajındaki gri kartonların kat ayrımı değerleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine olumlu bir etkiye, yırtılma mukavemeti üzerine ise olumsuz bir etkiye sahip olduğu Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Kopma ve patlama mukavemetleri üzerinde ise kalenderleme işlemi belirgin bir etkiye sahip değildir. Sabit basınç ve sürede uygulanan 110 °C sıcaklık ile 320 gramajındaki gri kartonların kat ayrımı değerleri yaklaşık %6 artarken, yüzey pürüzlülüğü ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %44.3 ve %10.7 oranında azalmıştır.



Şekil 4.2. Sıcaklığın 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sabit basınç ve sürede uygulanan sıcaklığın 110 °C'den 170 °C'ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğü, kat ayrımı ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %21.8, %14.3 ve %2.6 oranlarında azalırken patlama indisi %2.7 oranında artış göstermiştir (Şekil 4.2). Uygulanan sıcaklıktaki artış kopma uzunluğu değerlerinde ise herhangi bir etki göstermemiştir.

Genel olarak 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesi kat ayrımı, patlama indisi ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu bir etki gösterirken yırtılma indisi değerlerinde olumsuz bir etki göstermiştir (Şekil 4.2). Sabit basınç ve sürede 110 °C sıcaklıkta uygulan kalenderleme işlemi ile 350 gramajındaki gri kartonların kat ayrımı ve patlama indisi değerleri sırasıyla %14.2 ve %8.8 oranlarında artarken yüzey pürüzlülüğü ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %25.5 ve %12.4 oranlarında azalmıştır. Kopma mukavemeti üzerinde kalenderleme işleminin kayda değer bir etkiye sahip olmadığı yukarıda Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.3. 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şekil 4.3 incelendiğinde, 400 gramajındaki gri kartonlarında kalenderlenmesinde sabit basınç ve sürede sıcaklığın 110 °C'den 170 °C'ye çıkarılması ile patlama indisi %13.3 oranında artarken yüzey pürüzlülüğü, yırtılma indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %18.3, %5.5 ve %4.4 oranlarında azalmıştır. Kopma uzunluğu değerleri üzerinde ise 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sıcaklığın bir etkisi olmamıştır. Ancak, kalenderleme işleminde sıcaklığın 110 °C'den 130 ve 150 °C'ye çıkarılması ile kat ayrımı değerlerinde belirgin bir düşüşün olduğu, yırtılma indisi değerlerinde ise 130 °C'de belirgin bir artışın olduğu yukarıda Şekil 4.3'de görülmektedir. Genel olarak 400 gramajındaki gri kartonlara uygulanan kalenderleme işlemi ile yüzey pürüzlülüğü, kopma, patlama, yırtılma mukavetmeleri ve kat ayrımı özelliklerinde olumlu yönde iyileşmeler meydana gelmiştir.

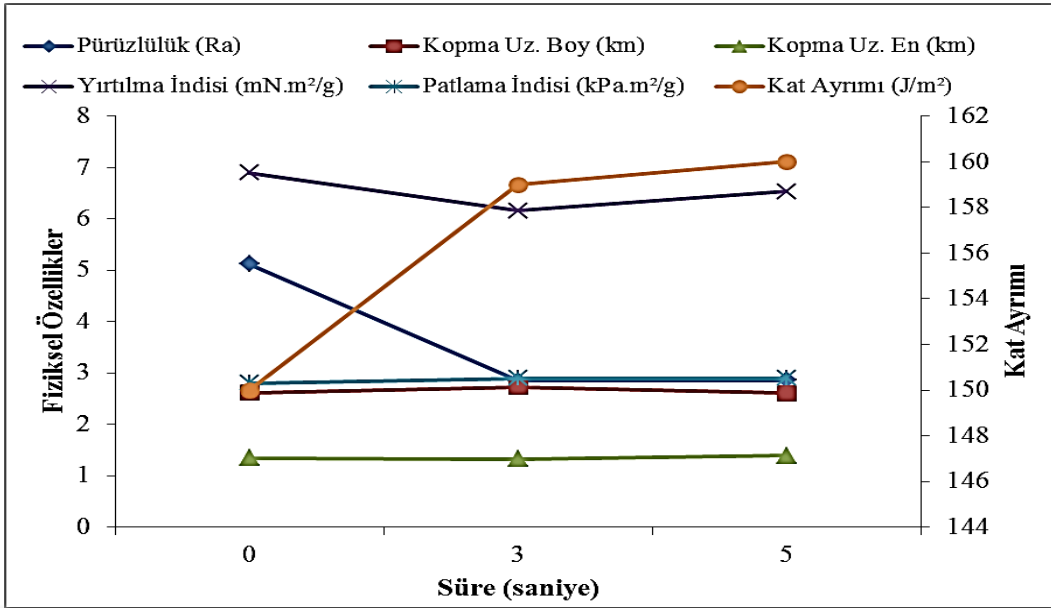
Kalenderleme işleminde sabit basınç ve süre altında sıcaklık arttıkça gri kartonların yırtılma indisi değerleri düşüş göstermiştir. Kalenderleme işleminde sıcaklığa maruz kalan liflerin gerilme ve harcanan enerjiyi daha geniş alana yayamaması yırtılma indisi değerlerini düşürmektedir (Clark, 1978; Eroğlu, 2003). Kalenderleme işleminde sıcaklık arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı yukarıda verilen şekillerde görülmektedir. Karton yüzeyindeki sıcaklık, lignin, hemiselüloz ve amorf selülozun camsı geçiş sıcaklığını aştığı için yüzeyde yerel bir yumuşama sağlamaktadır (Salmen, 1993). Yapılan birçok çalışmada kalenderleme sırasında sıcaklığın artışı basıncın verimliliğini artırdığı ve dolayısıyla kağıt ve kartonların yüzey özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Gratton ve

Crotogino, 1988; Rothfuss, 1994; Gabbusch ve Rothfuss, 1995; Sorenson, 1998; Svenka ve Sorenson, 1998; Robertson, 1999). Gri kartonlara yüksek sıcaklıkta uygulanan kalenderleme işlemi sonrası yüzey pürüzlülüklerinin azaldığı ve daha iyi bir yüzey oluştuğu Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te görülmektedir. Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklıktaki artışlar gri kartonların kopma uzunluğu ve patlama indisi değerleri üzerinde kayda değer bir etki göstermemiştir. Kopma ve patlama direncini etkileyen önemli faktörlerden biri lif boyu diğeri ise iç bağlanmadır (Clark, 1978; Eroğlu, 2003). Sıcaklık kalenderleme işleminde lif boyları ve yaptıkları iç bağlanmaları üzerine etkili olmamıştır. Scott bond (kat ayrımı) testi, kağıt ve kartonun delaminasyon direncini ölçmek için en yaygın kullanılan test yöntemidir (Fellers ve ark., 2012). Delaminasyon terimi genellikle lifler arası bağ yetersizliğinden dolayı kalınlık yönünde makroskopik başarısızlığı tanımlamak için kullanılır. Kağıdın ve kartonun kalınlık yönünde başarısız olması birçok dönüştürme işleminde ve son kullanım durumlarında tekrarlayan bir sorun oluşturmaktadır. Bu özellik bağ sayısına ve lif bağların spesifik dirençlerine bağlı olup kağıt ve karton üretim sırasında uygulanan işlemlerden de etkilenmektedir. Bu nedenle kat ayrımı testi gri kartonların kalitesini belirleyen önemli bir parametredir. Gri kartonların kalenderlenmesinde sıcaklıktaki artış değerlerde önce düşüş eğilimi gösterebilir, sıcaklığın daha fazla artmasıyla kat ayrımı dirençlerinin olumlu yönde artmasını sağlamıştır (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3).

### **4.3. Sürenin Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi**

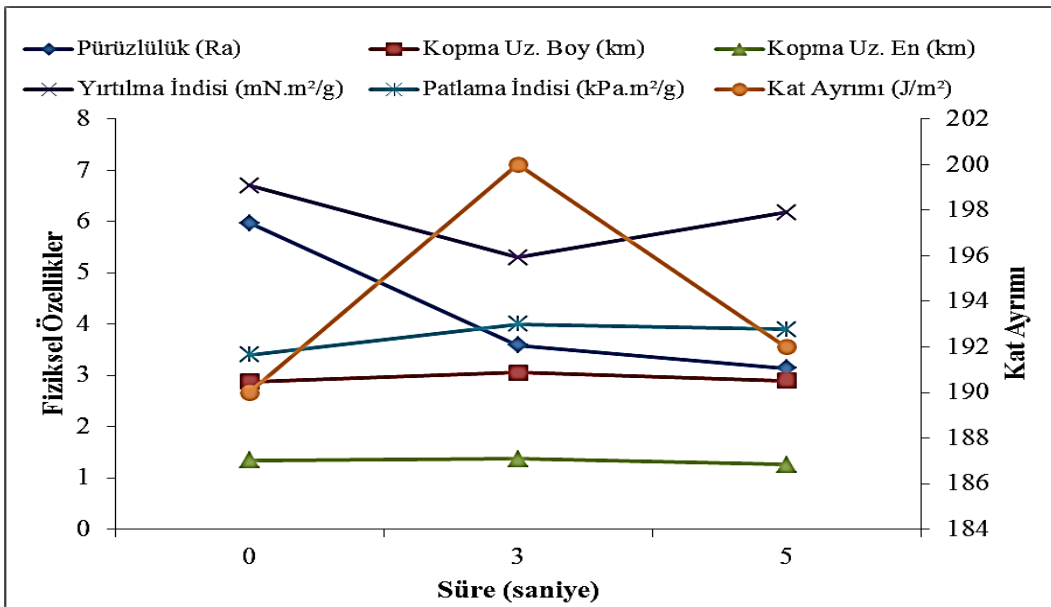
Kalenderleme işleminde uygulanan sürenin gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki sıcaklık ve basınç sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da farklı gramajlardaki gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine kalenderleme süresinin etkisi gösterilmiştir.

Şekil 4.4'e göre 320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve basınçta sürenin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile yırtılma indisi %6 oranında artış göstermiştir. Yüzey pürüzlülüğü, patlama indisi, kopma uzunluğu ve kat ayrımı değerlerinde ise kalenderleme süresindeki artışların bir etkisi olmamıştır.



Şekil 4.4. Sürenin 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Sabit sıcaklık ve basınç altında 320 gramajındaki gri kartonlara uygulanan kalenderleme işlemi genel olarak kat ayrımı değerleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerine olumlu bir etki gösterirken yırtılma indisi değerleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Kalenderleme işleminin kopma ve patlama mukavemetleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı yukarıda Şekil 4.4’de görülmektedir.

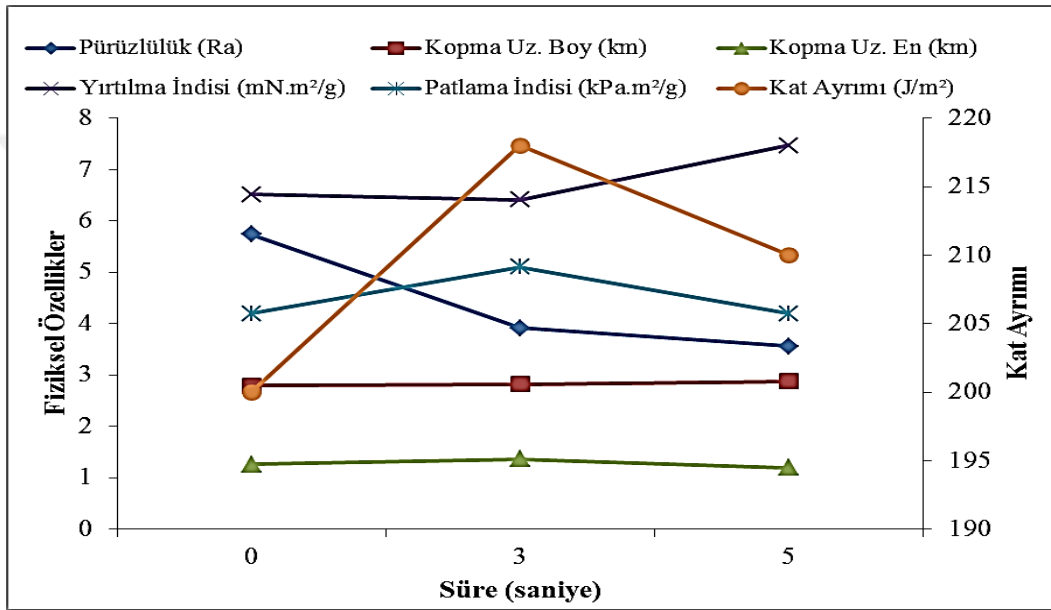


Şekil 4.5. Sürenin 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

350 gramajında gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve basınç altında sürenin 3 saniyeden 5 saniyeye getirilmesi ile kat ayrımı, kopma uzunluğu (boy) ve yüzey

pürüzlülüğü değerleri sırasıyla %4, %5.2 ve %12.5 oranlarında azalırken yırtılma indisi değerleri %16.6 oranında artış göstermiştir. Sürenin 350 gramajındaki gri kartonların patlama mukavemeti üzerine herhangi etkisinin olmağı yukarıda Şekil 4.5'te görülmektedir.

350 gramajındaki gri kartonlara uygulanan kalenderleme işlemi genel olarak kat ayrımı değerlerini %5, patlama indisini %17.6 ve kopma uzunluğunu (boy) %5.9 oranlarında artırırken, yüzey pürüzlülüğünü %47.4 ve yırtılma indisini %20.9 oranlarında düşürmüştür.



Şekil 4.6. Sürenin 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

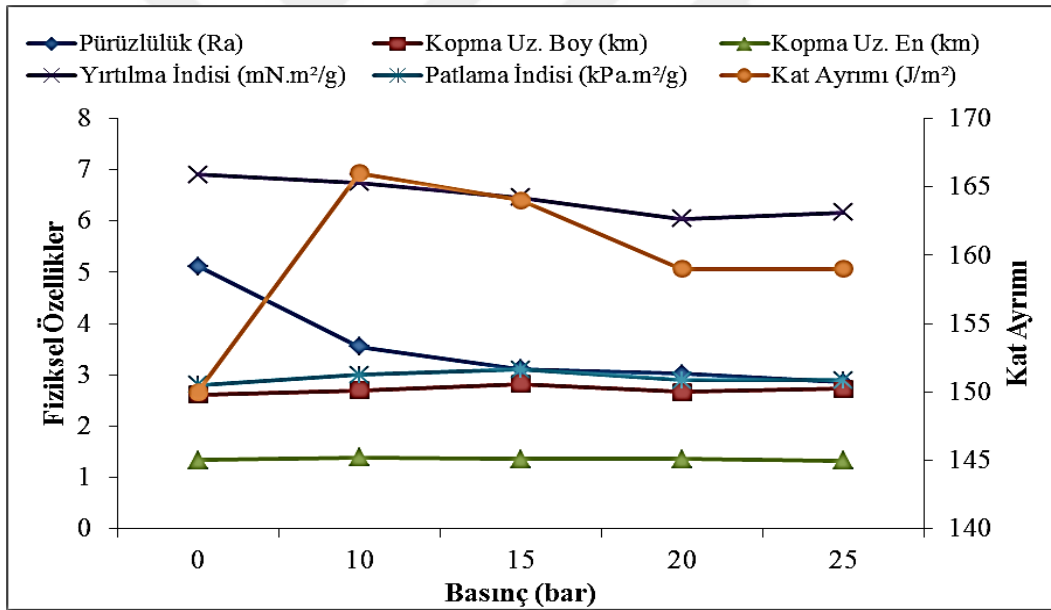
Şekil 4.6 incelendiğinde, 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve basınç altında sürenin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile kat ayrımı, patlama indisi, kopma uzunluğu (en) ve yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla %3.7, %17.6, %12.3 ve %9.2 oranlarında azalırken, yırtılma indisi ve kopma uzunluğu (boy) değerleri sırasıyla %16.5 ve %2.02 oranlarında artış göstermiştir. 400 gramajındaki gri kartonların kalenderleme işleminin kat ayrımı, yüzey pürüzlülüğü ve patlama indisi değerleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu yukarıda Şekil 4.6'da görülmektedir.

Kağıt ve kartonların kalenderlenmesinde sürenin uzun tutulması düşük basıncı telafi etmekte yeterli değildir. Kalenderleme süresini uzatılması ve yüksek termal enerji ile kağıt ve karton yüzeyi etkin bir şekilde plastikleştirilmektedir (Vaitinen ve ark., 2008). Yukarıdaki şekiller incelendiğinde kalenderleme süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile yırtılma indisi değerleri artarken patlama indisi ve pürüzlülük değerleri

düşüş göstermiştir. Kat ayrımı değerleri ise 320 gramajındaki gri kartonlarda artarken 350 ve 400 gramajındaki gri kartonlarda azalmıştır. Kalenderleme süresinin kopma mukavemeti üzerine kayda değer bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kağıt ve kartonların kalenderlenmesinde süre seçimi genellikle kağıt makinesinin hızına bağlı olup kağıdın fiziksel özellikleri üzerine belirgin bir etki göstermemektedir (Kerekes, 1976). Bu nedenle, kağıt ve karton üreticileri kağıt makinelerinin hızına adapte edebileceği kalender makinesini seçmektedirler.

#### 4.4. Basıncın Gri Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Kalenderleme işleminde uygulanan basıncın gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki sıcaklık ve süre sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'da farklı gramajlardaki gri kartonların fiziksel özellikleri üzerine kalenderleme süresinin etkisi gösterilmiştir.

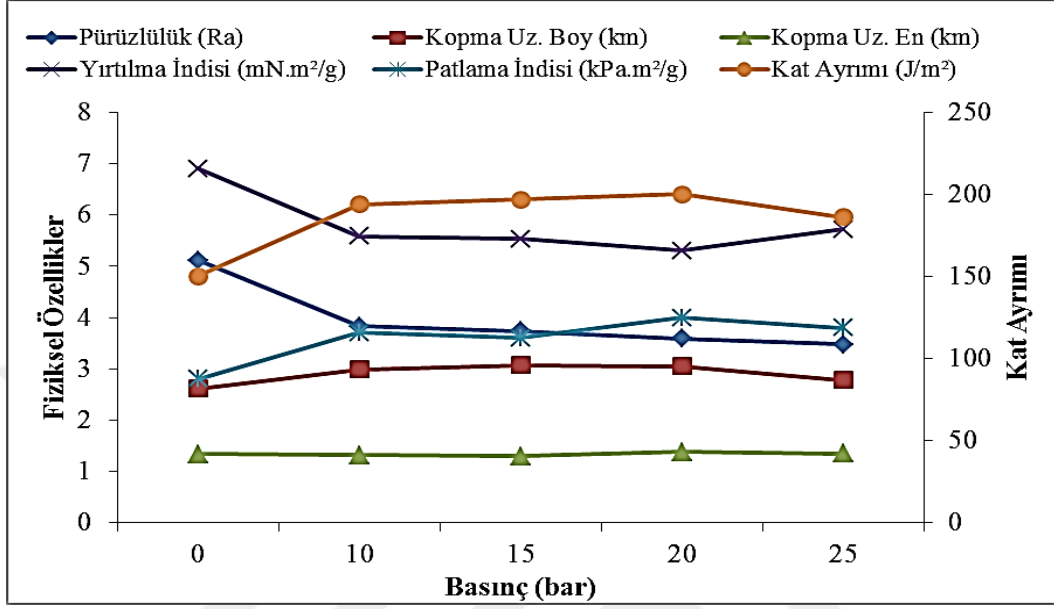


Şekil 4.7. Basıncın 320 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

320 gramajında gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve sürede basıncın bazı fiziksel özellikler üzerine etkileri yukarıda Şekil 4.7'de verilmiştir. Kalenderleme işleminde uygulanan basıncın 10 barda 25 bara çıkartılması ile yüzey pürüzlülüğü, yırtılma indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %19.7, %8.7 ve %4.2 oranlarında azalırken kopma ve patlama mukavemetleri üzerinde basınç artışının belirgin bir etkisi olmamıştır.

320 gramajındaki gri kartonların sabit sıcaklık ve sürede basınç (10 bar) uygulanarak kalenderlenmesi sonucunda kat ayrımı, kopma uzunluğu (boy) ve patlama indisi değerleri

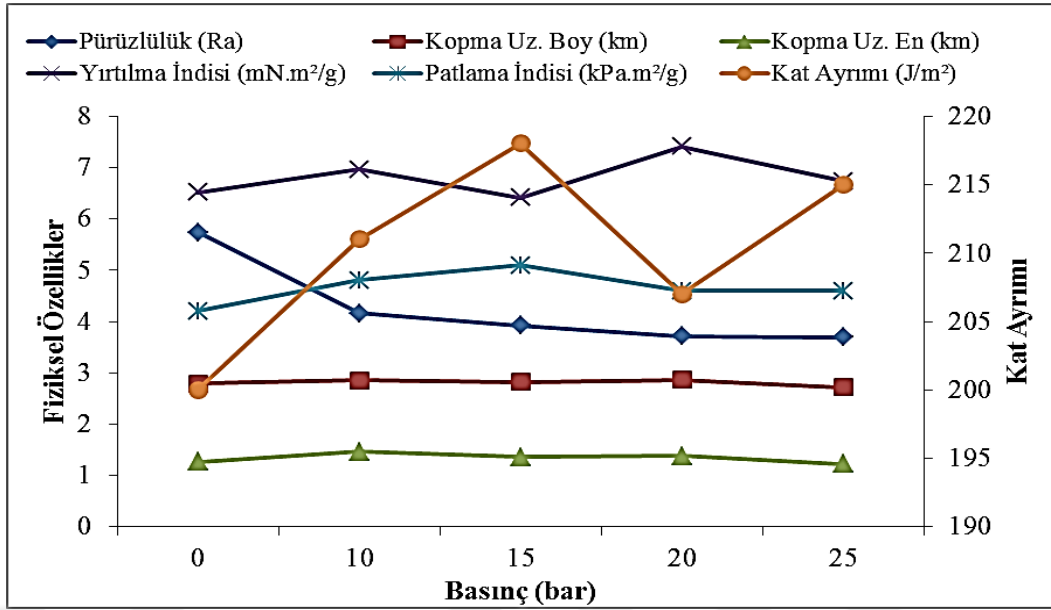
sırasıyla %10.7, %3.1 ve %7.14 oranlarında artarken yüzey pürüzlülüğü değerleri %30.1 oranında azalmıştır. Dolayısı ile 320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesi işleminde uygulanan basınç genel olarak kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine olumlu bir etki göstermiştir.



Şekil 4.8. Basıncın 350 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şekil 4.8’de 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve süre altında basınç artışının bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri verilmiştir. Uygulanan basınç 10 bardan 25 bara çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu (boy) ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %9.1, %6.7 ve %4.1 oranlarında düşerken, yırtılma ve patlama indisleri sırasıyla %2.5 ve %2.7 oranlarında artmıştır.

350 gramajındaki gri kartonların sabit sıcaklık ve süre altında kalenderlenmesinde uygulanan basınç (10 bar) ise yırtılma indisi ve pürüzlülük değerlerini sırasıyla %25.2 ve %19.1 oranlarında azaltırken kat ayrımı, patlama indisi ve kopma uzunluğu (boy) değerlerini sırasıyla %29.3, %32.1 ve %13.9 oranlarında artırmıştır. Sonuç olarak, 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan basınç, kartonların fiziksel özelliklerinden yırtılma indisi hariç diğer özellikler üzerine olumlu bir etki sağlamıştır.



Şekil 4.9. Basıncın 400 gramajındaki gri kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve sürede basıncın 10 bardan 25 bara çıkarılması ile kat ayrımı değerleri %1.9 oranında artarken, yüzey pürüzlülüğü, en ve boy kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %11.3, %16.4, %4.7, %4.2 ve %3.2 oranlarında düşüş göstermiştir.

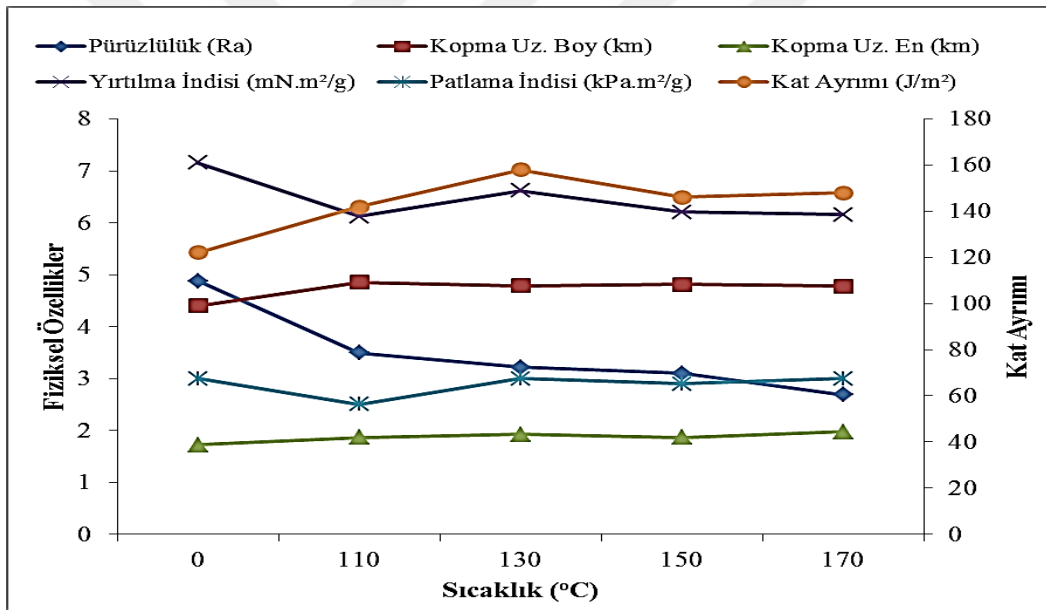
Ancak, sabit sıcaklık ve süre altında 10 bar basınç kullanılarak 400 gramajındaki gri kartonları kalenderleme işleminin uygulanması ile yüzey pürüzlülüğü değerleri %27.5 oranında azalırken, kat ayrımı, en ve boy kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %5.5, %16.2, %2.2, %14.3 ve %6.7 oranlarında artış göstermiştir. Dolayısı ile 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde basınç uygulaması fiziksel özellikleri üzerinde olumlu bir etki göstermiştir.

Yukarıda verilen şekiller incelendiğinde, sabit sıcaklık ve sürede kalenderleme basıncının artmasıyla, yırtılma indisi ve pürüzlülük değerleri azalırken kat ayrımı değerleri artmıştır. Kopma ve patlama mukavemeti değerleri üzerinde kalenderleme basıncının kayda değer bir etkisi olmamıştır. Sabit sıcaklık ve sürede yüksek basınç altında sıcaklığın liflere etkisi artmakta ve karton yüzeyinde lokal yumuşamalar meydana gelerek yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır (Enormae ve ark., 1997). Kalenderleme işleminde uygulanan basınç miktarı arttıkça gri karton liflerinin gerilme ve harcanan enerjiyi daha geniş alana yaymamasından dolayı yırtılma indisi değerleri düşmektedir (Clark, 1978; Eroğlu, 2003). Kat ayrımı değerleri basınç uygulaması ile artmıştır ancak 320 gramajındaki gri kartonlara kalenderleme işleminde uygulanan basıncın 10 bardan 25 bara çıkarılması ile kat ayrımı

değerlerinde düşüşlerin olduğu Şekil 4.7’de görülmektedir. 350 ve 400 gramajındaki gri kartonlarda ise 10 ve 25 bar basınç uygulamasının kat ayrımı değerleri üzerine belirgin bir etki göstermediği Şekil 4.8 ve 4.9’dan anlaşılmaktadır. Kat ayrımı, bağ sayısına ve lif bağlarının spesifik dirençlerine bağlı olduğundan basınç uygulaması bağ sayısını ve dirençlerini artırırken basınç miktarının artışı bu değerler üzerinde kayda değer bir etki göstermemektedir.

#### 4.5. Sıcaklığın Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

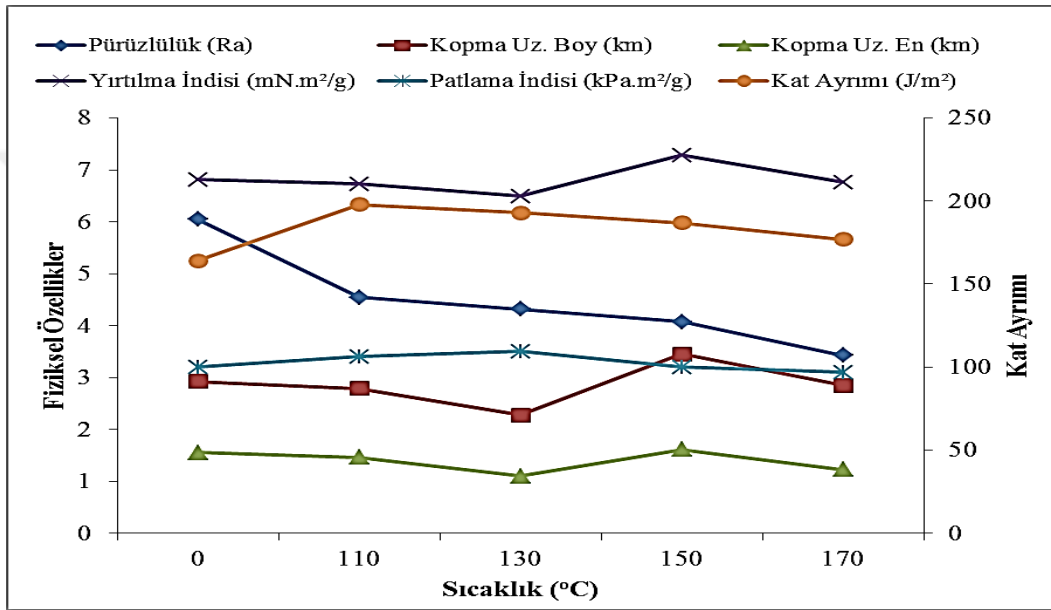
Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklığın miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki süre ve basınç sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’de farklı gramajlardaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine sıcaklığın etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Sıcaklığın 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

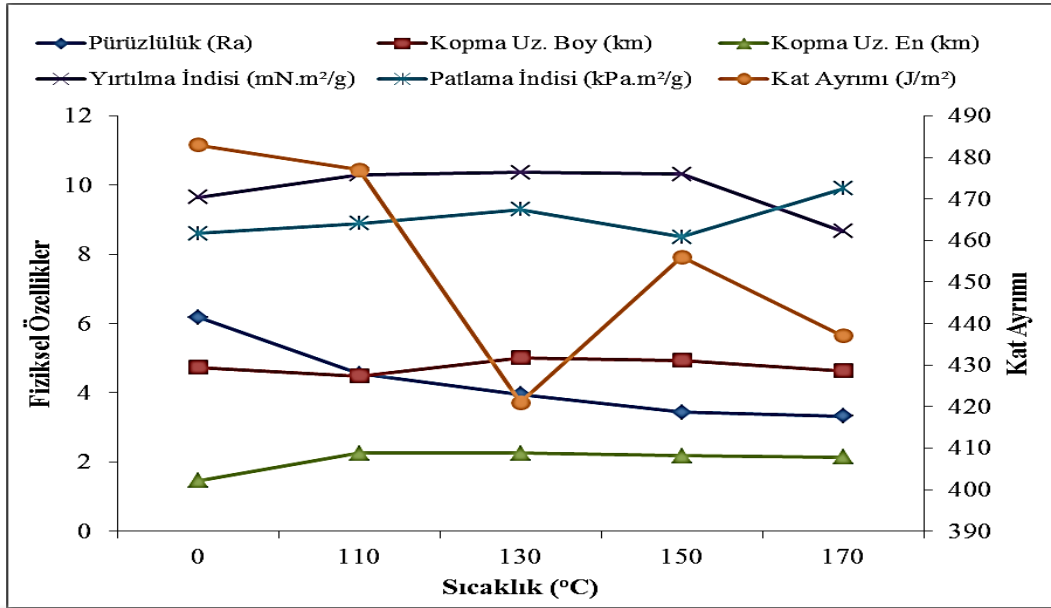
Şekil 4.10’da 165 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklığın kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkileri gösterilmiştir. Sabit süre ve basınç altında miğfer kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklığın 110 °C’den 170 °C’ye çıkarılmasıyla 165 gramajındaki miğfer kartonların yüzey pürüzlülüğü ve kopma uzunluğu (boy) sırasıyla %22.9 ve %1.5 oranlarında azalırken, Kopma uzunluğu (en), patlama indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %6.2, %20 ve %4.2 oranlarında artış göstermiştir. Uygulanan sıcaklıktaki artış 165 gramajındaki miğfer kartonların yırtılma mukavemeti

üzerine belirgin bir etki göstermemiştir. Genel olarak 165 gramajındaki miğfer kartonların sabit süre ve basınç altında kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklık (110 °C) ise yüzey pürüzlülüğü, yırtılma ve patlama indisi değerlerini sırasıyla %28.5, %14.5 ve %16.7 oranlarında düşürürken en ve boy kopma uzunlukları ve kat ayrımı değerlerini sırasıyla %10.4, %8.3 ve %16.4 oranlarında artırmıştır. Sonuç olarak 165 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde sabit süre ve basınçta uygulanan sıcaklık kopma mukavemeti, yüzey pürüzlülüğü ve kat ayrımı değerleri hariç diğer fiziksel özellikleri üzerine olumsuz bir etki sağlamıştır.



Şekil 4.11. Sıcaklığın 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şekil 4.11 incelendiğinde, 275 gramajındaki miğfer kartonların kalenderleme işleminde sabit süre ve basınç altında uygulanan sıcaklığın 110 °C'den 170 °C'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu (en), patlama indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %24.4, %15.6, %8.8 ve %10.6 oranlarında azalırken kopma uzunluğu (boy) % 1.9 oranında artmıştır. Yırtılma indisi değerlerinde uygulanan sıcaklığın belirgin bir etkisi olmamıştır. 275 gramajındaki miğfer kartonların sabit süre ve basınç altında kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklık (110 °C) ile sadece kat ayrımı ve patlama indisi değerleri sırasıyla %20.7 ve %6.3 oranlarında artmıştır. Diğer özellikler üzerine ise sıcaklık uygulaması olumsuz bir etki göstermiştir.



Şekil 4.12. Sıcaklığın 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

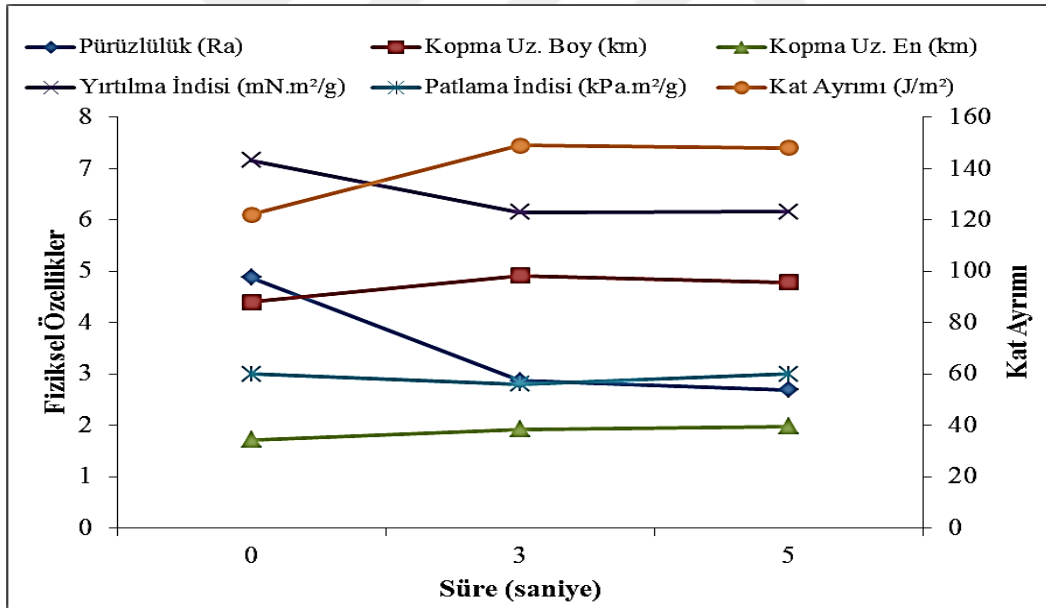
400 gramajındaki miğfer kartonların sabit süre ve basınç altında kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklığın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisini yukarıda Şekil 4.12’de verilmiştir. Uygulanan sıcaklığın 110 °C’den 170 °C’ye çıkarılmasıyla 400 gramajındaki miğfer kartonların yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu (en), yırtılma indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %27, %4.6, %15.9 ve %8.4 oranlarında azalırken, kopma uzunluğu (boy) ve patlama indisi değerleri sırasıyla %3.5 ve %11.2 oranlarında artış göstermiştir. Genel olarak 400 gramajındaki miğfer kartonların sabit süre ve basınç altında kalenderlenmesi sırasında sıcaklık uygulanması ile kopma uzunluğu (boy) ve kat ayrımı değerleri olumsuz yönde etkilenirken diğer özelliklerde iyileşmeler meydana gelmiştir.

Miğfer kartonlara sabit basınç ve süre altında uygulanan kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklık arttıkça 165 gramajındaki miğfer kartonların yırtılma indisi değerleri azalırken 275 ve 400 gramajındaki miğfer kartonlarda yırtılma indisi değerlerinde kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Yukarıda verilen şekiller incelendiğinde kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklığın yüzey pürüzlülüğünü belirgin bir şekilde azalttığı görülmektedir. Miğfer karton yüzeyindeki sıcaklık, amorf selülozun, hemiselülozun ve ligninin camsı geçiş sıcaklığını aştığı için karton yüzeyinde yumuşamalar meydana gelmekte ve kalenderleme işleminde uygulanan basıncın verimliliğini artırarak yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır (Salmen, 1993; Gratton ve Rothfuss, 1994; Gabbusch ve Rothfuss, 1995; Svenka ve Sorenson, 1998; Robertson, 1999). Miğfer kartonların kat ayrımı değerleri sıcaklığın 110 °C dereceye çıkarılması ile

artış gösterirken, sıcaklık arttıkça bu artışların düştüğü yukarıdaki şekillerde görülmektedir. Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklık miğfer kartonların kopma uzunluğu ve patlama indisi değerleri üzerinde etkili olmamıştır. Kağıtlarda kopma mukavemeti genellikle liflerin uzunluğuna bağlıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi kopma ve patlama direncini etkileyen önemli faktörlerden biri lif boyu değeri ise iç bağlanmadır (Clark, 1978; Eroğlu, 2003). Sıcaklığın kalenderleme işleminde miğfer kartonların lif boyları ve yaptıkları iç bağlanmaları üzerine etkili olmadığı Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12’de görülmektedir.

#### 4.6. Sürenin Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

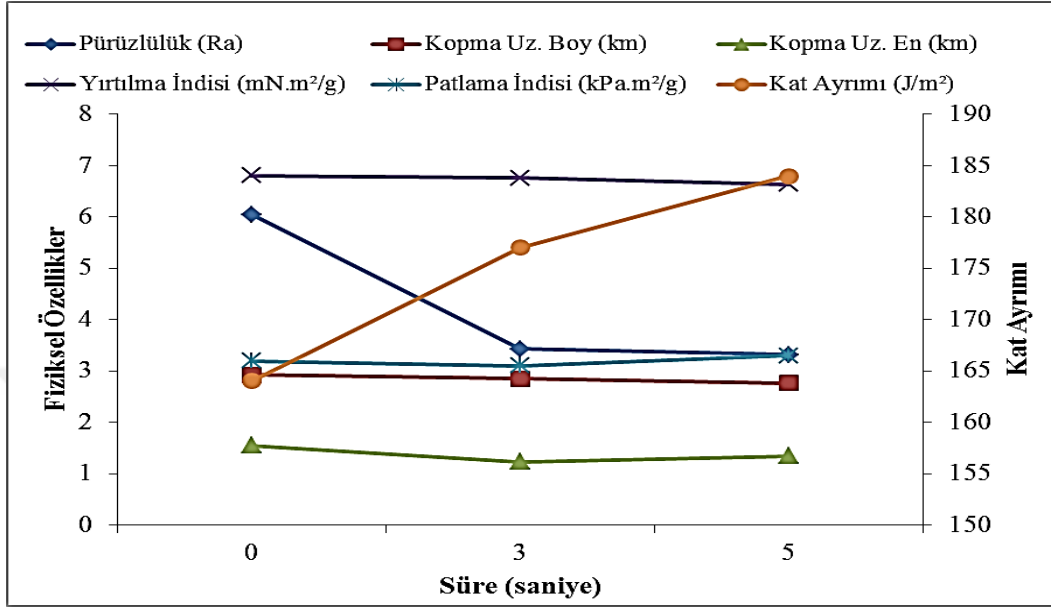
Kalenderleme işleminde uygulanan sürenin miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki sıcaklık ve basınç sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15’de farklı gramajlardaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine kalenderleme süresinin etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Sürenin 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

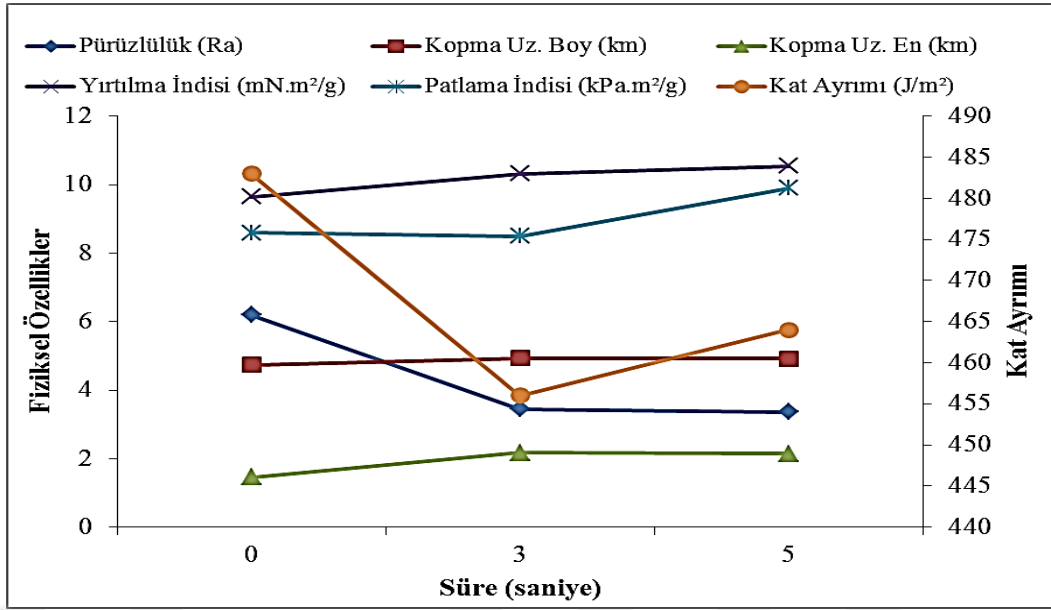
Şekil 4.13 incelendiğinde, 165 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve basınç altında kalenderleme işleminin uygulama süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile kopma uzunluğu (en) ve patlama indisi değerleri sırasıyla %2.6 ve %7.1 oranlarında artarken yüzey pürüzlülüğü ve kopma uzunluğu (boy) değerleri sırasıyla %6.3 ve %2.7 oranlarında düşüş göstermiştir. Yırtılma indisi ve kat ayrımı değerlerinde ise

sürenin kayda değer bir etkisi olmamıştır. Ancak, 165 gramajındaki gri kartonların sabit sıcaklık ve basınç altında kalenderlenmesi (3 sn) ile yırtılma ve patlama indisleri hariç diğer fiziksel özellikler üzerinde olumlu bir etki sağladığı yukarıda Şekil 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.14. Sürenin 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

275 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve basınç altında kalenderleme işleminin uygulama süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu (boy) ve yırtılma indisi değerlerinin sırasıyla %3.2, %2.8 ve %1.8 oranlarında azaldığı, kopma uzunluğu (en), patlama indisi ve kat ayrımı değerlerinin sırasıyla %9.4, %6.5 ve %4 oranlarında arttığı yukarıda Şekil 4.14'te görülmektedir. Sabit sıcaklık ve basınçta 275 gramajındaki miğfer kartonların 3 saniye boyunca kalenderlenmesi ile yüzey pürüzlülüğü ve kat ayrımı değerlerinin olumlu, diğer fiziksel özelliklerin ise olumsuz etkilendiği yine Şekil 4.14'te görülmektedir.



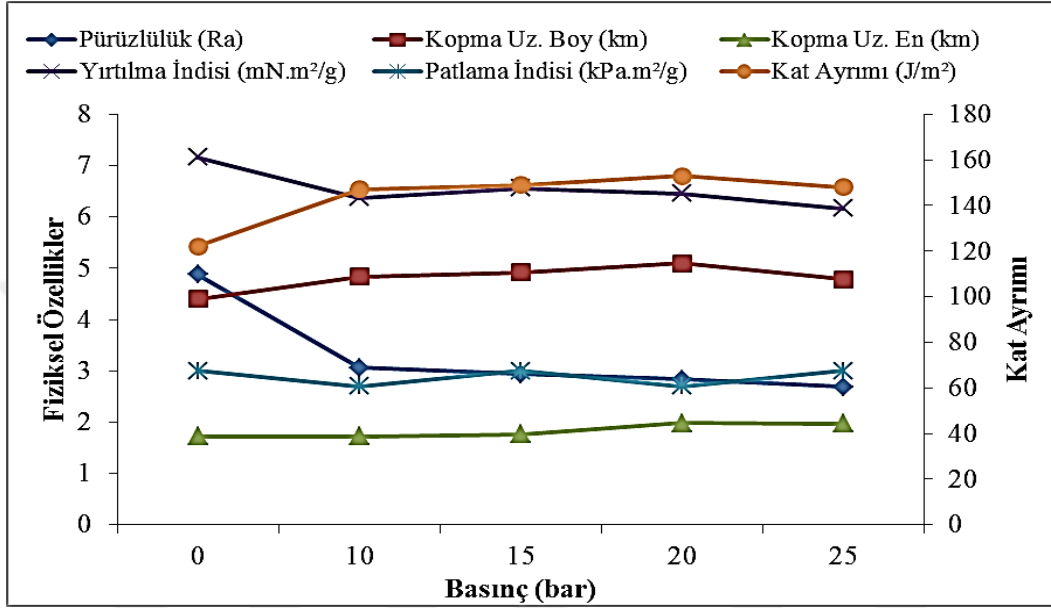
Şekil 4.15. Sürenin 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

400 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve basınç altında kalenderlenmesinde uygulanan sürenin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması sonucu yüzey pürüzlülüğü ve kopma uzunluğu (en) değerleri sırasıyla %2.3 ve %1.2 oranlarında azalırken, yırtılma indisi, patlama indisi ve kat ayrımı değerleri ise sırasıyla %2.2, %16.5 %1.8 oranlarında artmıştır. Ancak, 400 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve basınç altında belirli bir süre (3 sn) kalenderlenmesi sonucunda yüzey pürüzlülüğü, patlama indisi ve kat ayrımı değerleri sırasıyla %44.4, %1.2, ve %5.6 oranlarında düşüş gösterirken diğer fiziksel özellikler en ve boy kopma uzunluğu ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %48.9, %4.1 ve %6.9 oranlarında artmıştır. Dolayısıyla sabit sıcaklık ve basınç altında 400 gramajındaki miğfer kartonların belirli bir süre kalenderlenmesi ile kartonların fiziksel özelliklerinden kat ayrımı ve patlama mukavemetleri hariç diğer özellikler olumlu yönde etkilenmişlerdir.

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde kalenderleme süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması ile kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinde kayda değer bir etki olmazken sadece 165 gramajındaki miğfer kartonların kat ayrımı değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi kağıt ve kartonların kalenderlenmesinde süre seçimi genellikle kağıt makinesinin hızına bağlı olup kağıdın fiziksel özellikleri üzerine belirgin bir etki göstermemektedir (Kerekes, 1976). Bu nedenle, kağıt ve karton üreticileri kağıt makinelerinin hızına adapte edebileceği kalender makinesini seçmektedirler.

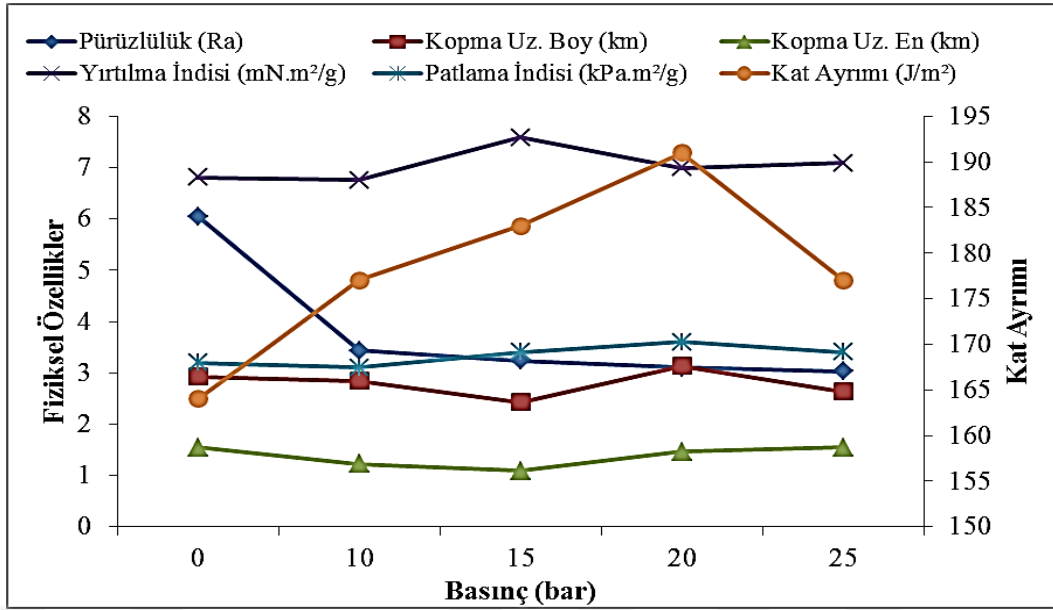
#### 4.7. Basıncın Miğfer Kartonların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Kalenderleme işleminde uygulanan basıncın miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir gramaj için optimum kalenderleme koşullarındaki sıcaklık ve süre sabit alınmıştır. Aşağıda Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18’de farklı gramajlardaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine kalenderleme süresinin etkisi gösterilmiştir.



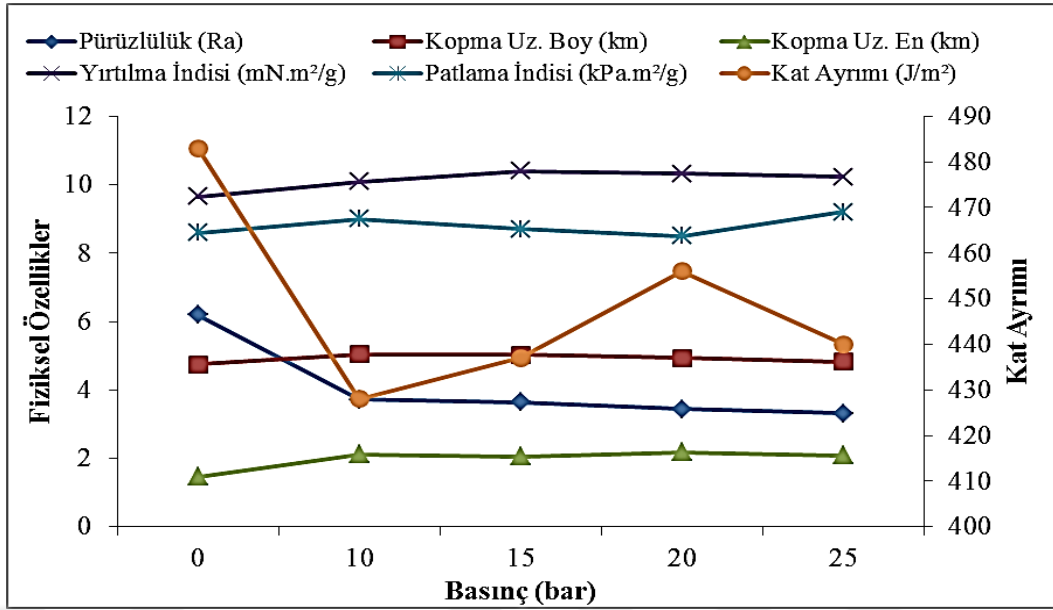
Şekil 4.16. Basıncın 165 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şekil 4.16’da 165 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve sürede kalenderlenmesinde fiziksel özellikler üzerine basınç artışının etkileri gösterilmiştir. Kalenderleme işleminde basıncın 10 bardan 25 bara çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu (boy) ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %12.1, %1.2 ve %3.3 oranlarında azalırken kopma uzunluğu (en) ve patlama indisi değerleri sırasıyla %15 ve %11.1 oranlarında artmıştır. Kat ayrımı değerlerinde ise basınç artışının kayda değer bir etkisi olmamıştır. 165 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve sürede kalenderlenmesi sırasında uygulanan basınç (10 bar) yüzey pürüzlülüğü, kopma uzunluğu ve kat ayrımı değerleri üzerinde olumlu bir etki gösterirken patlama ve yırtılma mukavemetleri üzerinde olumsuz bir etki göstermiştir.



Şekil 4.17. Basıncın 275 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Şeki 4.17’de 275 gramajındaki miğfer kartonların sabit sıcaklık ve sürede kalenderlenmesinde basınç artışının bazı fiziksel özellikler üzerine etkileri verilmiştir. Kalenderleme işleminde uygulanan basıncın 10 bardan 25 bara çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğü ve kopma uzunluğu (boy) değerleri sırasıyla %11.7 ve %7.3 oranlarında azalırken kopma uzunluğu (en), patlama ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %25.9, %9.7 ve %4.9 oranlarında artmıştır. Kat ayrımı değerleri ise 15 ve 20 bar basınç altında artarken 25 bar basınç altında düşüş göstermiştir. 275 gramajındaki miğfer kartonlara sabit sıcaklık ve sürede uygulanan basınç (10 bar) ile yüzey pürüzlülüğü ve kat ayrımı değerleri olumlu yönde etkilenirken diğer özelliklerde basınç uygulaması olumsuz yönde etki göstermiştir.



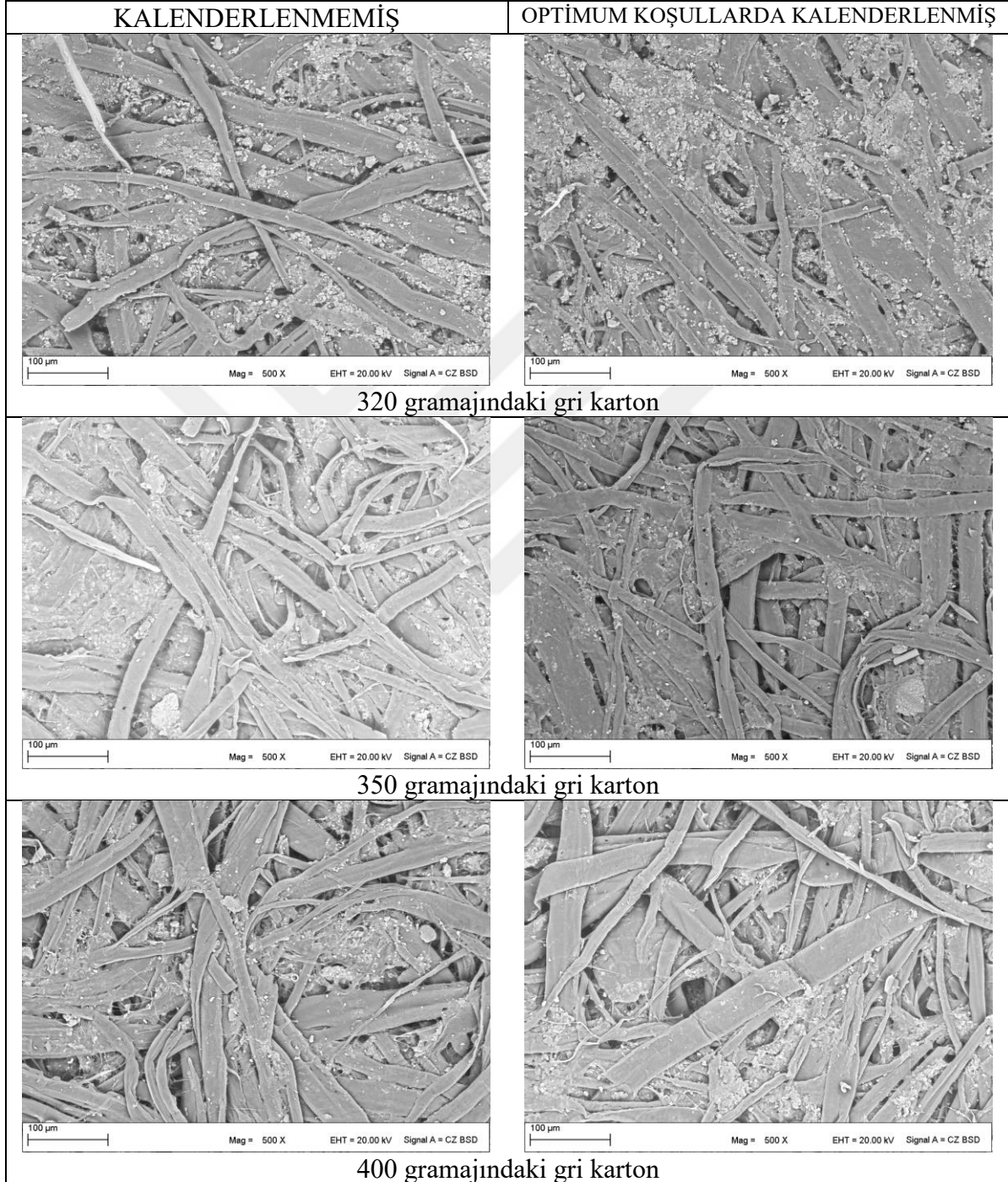
Şekil 4.18. Basıncın 400 gramajındaki miğfer kartonların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

400 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenme işleminde sabit sıcaklık ve sürede uygulanan basıncın 10 bardan 25 bara çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğü, en ve boy kopma uzunluğu değerleri sırasıyla %10.8, %1.2 ve %4.3 oranlarında azalırken kat ayrımı, patlama ve yırtılma indisi değerleri sırasıyla %2.8, %1.4 ve %2.8 oranlarında artış göstermiştir. Genel olarak 400 gramajındaki miğfer kartonlara sabit sıcaklık ve sürede uygulanan basınç (10 bar) ile kat ayrımı değerleri hariç diğer fiziksel özellikler olumlu yönde etkilenmiştir.

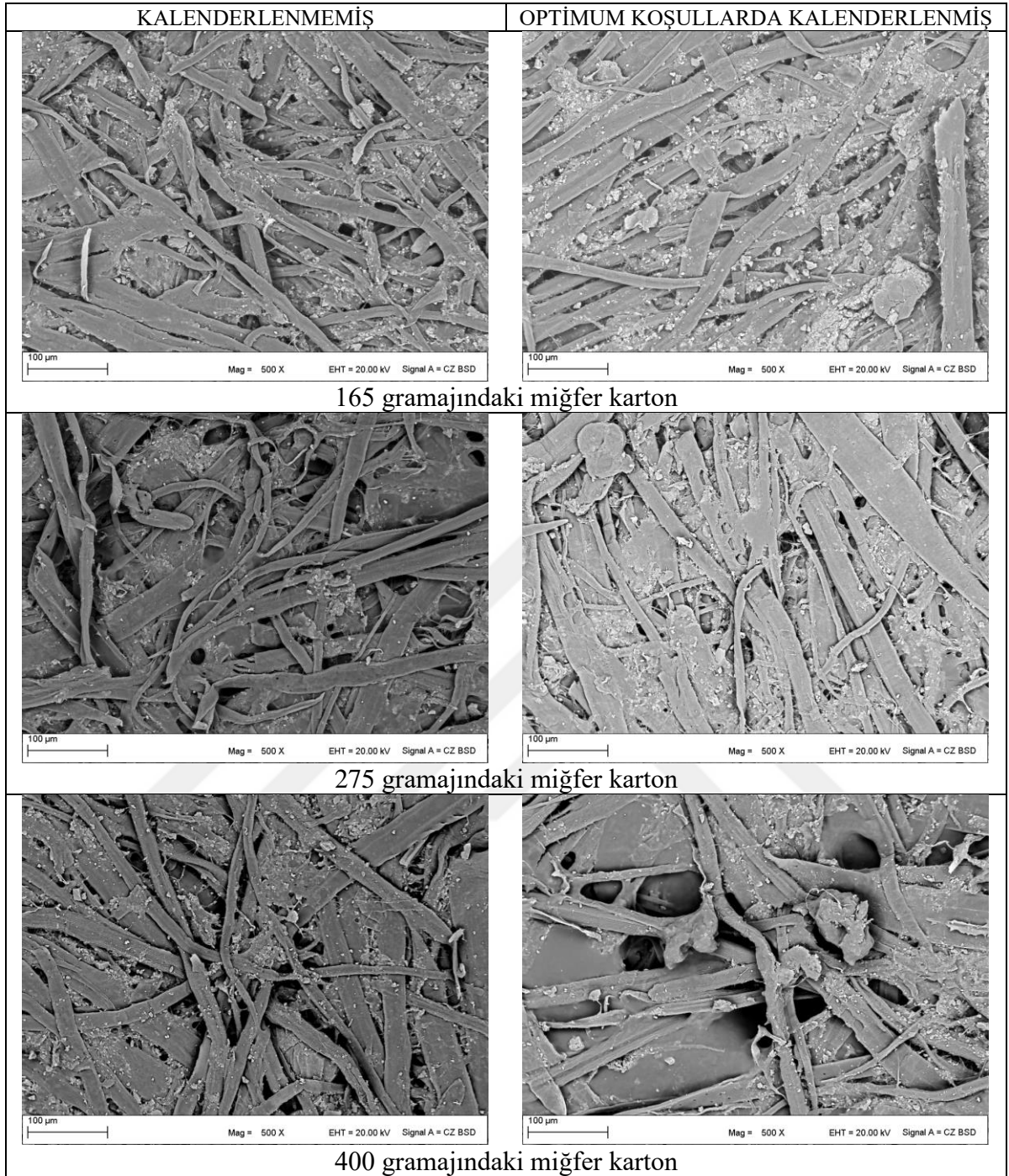
Miğfer kartonların kalenderlenmesinde sabit sıcaklık ve sürede uygulanan basıncın artmasıyla sıcaklığın liflere olan etkisi arttığı için yüzey pürüzlülük değerleri basınç artışıyla paralel olarak azalmıştır. Basıncın artırılması ile yırtılma indisi değerleri 165 gramajındaki miğfer kartonlarda azalırken diğer gramajlarda değişim göstermemiştir. Kat ayrımı değerleri ise yine uygulanan basıncın artışına paralel olarak artış göstermiştir. Kalenderleme işleminde uygulanan basınç, liflerin boyunu ve iç bağlanma yeteneğini değiştirmedığı için miğfer kartonların kopma ve patlama mukavetleri üzerine etkili olmamıştır.

#### 4.8. Kalenderleme İşlemi Uygulanmış Kartonların SEM Görüntüleri

Aşağıda Şekil 4.19 ve 4.20’de kalenderlenmemiş ve optimum koşullarda kalenderlenmiş farklı gramajlardaki gri ve miğfer kartonlara ait SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.19. Farklı gramajlardaki kalenderlenmiş ve kalenderlenmemiş gri kartonlara ait SEM görüntüleri



Şekil 4.20. Farklı gramajlardaki kalenderlenmiş ve kalenderlenmemiş miğfer kartonlara ait SEM görüntüleri

Kalenderlenmemiş kartonlar ve optimum koşullarda kalenderlenmiş kartonlar olarak morfolojik görüntüleri ZEISS marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Yukarıda ki Şekil 4.19 ve 4.20’de optimum koşullarda kalenderlenmiş kartonlardaki liflerin yassılaştığını ve açılmalarını yani liflerin yüzey alanlarının genişleyerek lifler arasındaki hava boşluklarını kapattıklarını gözlemlenmektedir.

Ayrıca lifler üzerinde ve aralarında bulunan dolgu maddelerinin kalenderleme işleminden sonra ezilerek, liflerde yırtılma ve deformelere sebebiyet verdikleri görülmektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı gramajlardaki gri ve miğfer kartonların kalenderlenmesi işleminde bazı parametrelerin kartonların fiziksel özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 320, 350 ve 400 gramajındaki gri kartonlar ve 165, 275 ve 400 gramajındaki miğfer kartonlar farklı sıcaklık, süre ve basınç altında kalenderlenmiş ve kartonların bazı fiziksel özellikleri belirlenmiş ve kalenderleme koşullarının bu özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Bu bağlamda çalışmanın tamamını kapsayacak şekilde gri ve miğfer kartonların her bir gramajı için elde edilen sonuçlar ayrı ayrı başlıklar altında incelenmiştir.



## 5.1. Gri Kartonların Optimum Kalenderleme Koşullarının Belirlenmesi

Çizelge 5.1. Kalenderleme işlemi sonrası 320 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
	0	462a	0	462a	0	462a
Kalınlık (micron)	110	425b	3	415b	10	415b
	130	423b	5	406b	15	415b
	150	412c	-	-	20	409b
	170	382d	-	-	25	405b
	0	1.47a	0	1.47a	0	1.47a
Hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr)	110	1.37b	3	1.34b	10	1.34b
	130	1.37b	5	1.32b	15	1.33b
	150	1.33c	-	-	20	1.33b
	170	1.24d	-	-	25	1.32b
	0	0.68d	0	0.68b	0	0.68b
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	110	0.72c	3	0.74a	10	0.74a
	130	0.73c	5	0.76a	15	0.75a
	150	0.75b	-	-	20	0.75a
	170	0.80a	-	-	25	0.76a
	0	5.11d	0	5.11b	0	5.11c
Pürüzlülük (Ra)	110	4.07c	3	3.83a	10	3.93b
	130	3.95c	5	3.50a	15	3.71ab
	150	3.51b	-	-	20	3.62ab
	170	3.11a	-	-	25	3.39a
	0	40a	0	40a	0	40a
Hava Geçirgenliği (sn)	110	47b	3	54b	10	55b
	130	50c	5	59b	15	56b
	150	59d	-	-	20	57b
	170	69e	-	-	25	58b
	0	2620b	0	2620a	0	2620a
Kopma Uzunluğu (boy) (m)	110	2671ab	3	2698a	10	2635a
	130	2719a	5	2682a	15	2704a
	150	2663ab	-	-	20	2716a
	170	2706ab	-	-	25	2703a
	0	1342a	0	1342a	0	1342ba
Kopma Uzunluğu (en) (m)	110	1335a	3	1336a	10	1361a
	130	1339a	5	1345a	15	1295b
	150	1352a	-	-	20	1332ba
	170	1337a	-	-	25	1375a
	0	6.90a	0	6.90a	0	6.90a
Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /gr)	110	6.34b	3	6.22b	10	6.11b
	130	6.29b	5	6.34b	15	6.24b
	150	6.24b	-	-	20	6.34b
	170	6.26b	-	-	25	6.44b
	0	2.80b	0	2.80a	0	2.80b
Patlama İndisi (kg/cm <sup>2</sup> )	110	3.01ab	3	2.98a	10	3.03a
	130	2.98ab	5	3.02a	15	3.03a
	150	3.04a	-	-	20	2.98ab
	170	2.96ab	-	-	25	2.96ab
	0	150b	0	150b	0	150c
Kat Ayrımı (J/m <sup>2</sup> )	110	164a	3	161a	10	168a
	130	161a	5	162a	15	161ab
	150	159a	-	-	20	157bc
	170	162a	-	-	25	161ab
	Optimum Koşul	170		3/5		25

Yukarıda Çizelge 5.1’de 320 gramajındaki gri kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklığın 320 gramajındaki gri kartonların yırtılma mukavemeti hariç diğer fiziksel özellikler üzerinde olumlu bir etki gösterdiği yukarıda Çizelge 5.1’de görülmektedir. Kağıt ve karton üretiminde kalenderleme işlemi sırasında uygulanan sıcaklık basıncın daha verimli olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle 320 gramajındaki gri kartonların yüzey pürüzlülük değerleri sıcaklığın artışına paralel olarak azalarak saha pürüzsüz bir yüzey sağlanmıştır. Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklığın artışı ile 320 gramajındaki gri kartonların hava geçirgenliği de azalmıştır.

320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenme süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılmasında fiziksel özellikler üzerine %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı Çizelge 5.1’de görülmektedir. Ekonomiklik ve üretim hızı dikkate alınırca kalenderleme süresinin 3 saniye olması optimum sonuçları verecektir.

Kalenderleme işleminde önemli bir parametre olan basıncın artışına paralel olarak 320 gramajındaki gri kartonların fiziksel özelliklerinden yırtılma indisi hariç diğer özellikler olumlu yönde etkilenmiştir. Özellikle, yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği, patlama indisi ve kat ayrımı değerleri uygulanan basınç artışı ile daha iyi sonuçlar vermiştir.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve Çizelge 5.1’e göre 320 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 170 °C
Kalenderleme Süresi	: 3 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 25 bar

Aşağıda Çizelge 5.2’de 350 gramajındaki gri kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kalenderleme işlemi sonrası 350 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
Kalınlık (birim)	0	<u>529a</u>	0	<u>529a</u>	0	<u>529a</u>
	110	480b	3	475b	10	476b
	130	476b	5	364b	15	472bc
	150	467c	-	-	20	468bc
	170	455d	-	-	25	463c
Hacimlilik	0	1.49a	0	1.49a	0	1.49a
	110	1.36b	3	<u>1.33b</u>	10	1.35b
	130	1.33c	5	<u>1.31b</u>	15	<u>1.33bc</u>
	150	1.31c	-	-	20	<u>1.31c</u>
	170	<u>1.28d</u>	-	-	25	<u>1.30c</u>
Yoğunluk	0	0.67d	0	0.67b	0	0.67c
	110	0.73c	3	<u>0.75a</u>	10	0.74b
	130	0.75b	5	<u>0.76a</u>	15	<u>0.75ab</u>
	150	0.76b	-	-	20	<u>0.76a</u>
	170	<u>0.78a</u>	-	-	25	<u>0.77a</u>
Pürüzlülük	0	6.0d	0	6.0b	0	6.0b
	110	4.43c	3	<u>4.02a</u>	10	<u>4.06a</u>
	130	3.89b	5	<u>3.72a</u>	15	<u>3.90a</u>
	150	<u>3.68ab</u>	-	-	20	<u>3.81a</u>
	170	<u>3.47a</u>	-	-	25	<u>3.70a</u>
Hava Geçirgenliği	0	33a	0	33a	0	33a
	110	35ab	3	<u>39ab</u>	10	<u>40b</u>
	130	37b	5	<u>44b</u>	15	<u>41b</u>
	150	42c	-	-	20	<u>42b</u>
	170	<u>51d</u>	-	-	25	<u>43b</u>
Kopma Boy	0	<u>2881a</u>	0	<u>2881a</u>	0	<u>2881ab</u>
	110	<u>2865a</u>	3	<u>2841a</u>	10	2748c
	130	<u>2804a</u>	5	<u>2868a</u>	15	2809bc
	150	<u>2868a</u>	-	-	20	<u>2882ab</u>
	170	<u>2880a</u>	-	-	25	<u>2978a</u>
Kopma En	0	<u>1344a</u>	0	<u>1344a</u>	0	<u>1344a</u>
	110	<u>1330a</u>	3	<u>1324a</u>	10	<u>1326ab</u>
	130	<u>1337a</u>	5	<u>1333a</u>	15	1304b
	150	<u>1315a</u>	-	-	20	<u>1357a</u>
	170	<u>1332a</u>	-	-	25	<u>1326ab</u>
Yırtılma	0	<u>6.70a</u>	0	<u>6.70a</u>	0	<u>6.70a</u>
	110	5.92b	3	5.86b	10	6.09b
	130	5.93b	5	5.97b	15	6.04b
	150	5.86b	-	-	20	5.72b
	170	5.96b	-	-	25	5.81b
Patlama	0	3.40b	0	3.40b	0	3.40b
	110	<u>3.46a</u>	3	<u>3.73a</u>	10	<u>3.70a</u>
	130	<u>3.79a</u>	5	<u>3.82a</u>	15	<u>3.76a</u>
	150	<u>3.75a</u>	-	-	20	<u>3.79a</u>
	170	<u>3.79a</u>	-	-	25	<u>3.84a</u>
Kat Ayrımı	0	190a	0	190a	0	190a
	110	<u>197a</u>	3	<u>197a</u>	10	<u>199a</u>
	130	<u>195a</u>	5	<u>194a</u>	15	<u>194a</u>
	150	<u>195a</u>	-	-	20	<u>195a</u>
	170	<u>195a</u>	-	-	25	<u>194a</u>
Optimum Koşul	170		3/5		20/25	

350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklığın kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisleri ile katt ayrımı değerleri üzerine anlamlı bir

etkisinin olmadığı yukarıda Çizelge 5.2’de görülmektedir. Ancak, yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği özelliklerinde sıcaklığın %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin etkilerinin olduğu yine Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Kalenderleme süresinin ise 3 ve 5 saniye boyunca tutulmasının 350 gramajındaki gri kartonların fiziksel özelliklerinde %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı Çizelge 5.2’de görülmektedir. Fiziksel özellikler açısından optimum sonuçlar sürenin 3 ve 5 saniye uygulanmasıyla elde edilmiştir. Ekonomiklik ve üretim hızı dikkate alındığında 350 gramajındaki gri kartonların 3 saniye boyunca kalenderlenmesi daha uygun olmaktadır.

350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesi sırasında uygulanan basınçta artışların fiziksel özellikler üzerine anlamlı bir etkisi olmamıştır. Uygulanan basınç 350 gramajındaki gri kartonların fiziksel özelliklerinden patlama indisi, hava geçirgenliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu etki sağladığı Çizelge 5.2’de görülmektedir. Optimum fiziksel özellikleri kalenderleme işleminde uygulanan basıncın 20 ve 25 bar olması ile elde edilmiştir. Sürede olduğu gibi yine ekonomiklik dikkate alındığında 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan basıncın 20 bar olması daha uygundur.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve Çizelge 5.2’ye göre 350 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 170 °C
Kalenderleme Süresi	: 3 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 20 bar

Aşağıda Çizelge 5.3’te 400 gramajındaki gri kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kalenderleme işlemi sonrası 400 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
	0	170	0	3/5	0	15/20
Kalınlık (birim)	0	<u>587a</u>	0	<u>587a</u>	0	<u>587a</u>
	110	<u>577b</u>	3	<u>563b</u>	10	<u>565b</u>
	130	<u>566c</u>	5	<u>554b</u>	15	<u>560b</u>
	150	<u>552d</u>	-	-	20	<u>556b</u>
	170	<u>540e</u>	-	-	25	<u>553b</u>
Hacimlilik	0	<u>1.43a</u>	0	<u>1.43a</u>	0	<u>1.43a</u>
	110	<u>1.39b</u>	3	<u>1.36b</u>	10	<u>1.36b</u>
	130	<u>1.36c</u>	5	<u>1.33b</u>	15	<u>1.35b</u>
	150	<u>1.34d</u>	-	-	20	<u>1.34b</u>
	170	<u>1.30e</u>	-	-	25	<u>1.34b</u>
Yoğunluk	0	<u>0.70d</u>	0	<u>0.70b</u>	0	<u>0.70b</u>
	110	<u>0.72c</u>	3	<u>0.74a</u>	10	<u>0.74a</u>
	130	<u>0.74b</u>	5	<u>0.75a</u>	15	<u>0.74a</u>
	150	<u>0.75b</u>	-	-	20	<u>0.74a</u>
	170	<u>0.77a</u>	-	-	25	<u>0.75a</u>
Pürüzlülük	0	<u>5.74e</u>	0	<u>5.74b</u>	0	<u>5.74d</u>
	110	<u>4.54d</u>	3	<u>4.20a</u>	10	<u>4.29c</u>
	130	<u>4.13c</u>	5	<u>3.91a</u>	15	<u>4.14ab</u>
	150	<u>3.90b</u>	-	-	20	<u>3.97ab</u>
	170	<u>3.65a</u>	-	-	25	<u>3.83a</u>
Hava Geçirgenliği	0	<u>39a</u>	0	<u>39a</u>	0	<u>39a</u>
	110	<u>41a</u>	3	<u>43ab</u>	10	<u>45b</u>
	130	<u>42a</u>	5	<u>48b</u>	15	<u>45b</u>
	150	<u>47b</u>	-	-	20	<u>45b</u>
	170	<u>52c</u>	-	-	25	<u>46b</u>
Kopma Boy	0	<u>2792a</u>	0	<u>2792a</u>	0	<u>2792b</u>
	110	<u>2754a</u>	3	<u>2830a</u>	10	<u>2607c</u>
	130	<u>2814a</u>	5	<u>2773a</u>	15	<u>2837ab</u>
	150	<u>2836a</u>	-	-	20	<u>2936a</u>
	170	<u>2803a</u>	-	-	25	<u>2827ab</u>
Kopma En	0	<u>1263a</u>	0	<u>1263a</u>	0	<u>1263a</u>
	110	<u>1291a</u>	3	<u>1294a</u>	10	<u>1234a</u>
	130	<u>1271a</u>	5	<u>1251a</u>	15	<u>1277a</u>
	150	<u>1242a</u>	-	-	20	<u>1278a</u>
	170	<u>1286a</u>	-	-	25	<u>1301a</u>
Yırtılma	0	<u>6.52b</u>	0	<u>6.52b</u>	0	<u>6.52b</u>
	110	<u>7.21a</u>	3	<u>7.09a</u>	10	<u>7.12a</u>
	130	<u>7.13a</u>	5	<u>7.23a</u>	15	<u>7.25a</u>
	150	<u>7.08a</u>	-	-	20	<u>7.15a</u>
	170	<u>7.23a</u>	-	-	25	<u>7.13a</u>
Patlama	0	<u>4.20b</u>	0	<u>4.20b</u>	0	<u>4.20b</u>
	110	<u>4.85a</u>	3	<u>4.72a</u>	10	<u>4.73a</u>
	130	<u>4.65a</u>	5	<u>4.80a</u>	15	<u>4.70a</u>
	150	<u>4.78a</u>	-	-	20	<u>4.91a</u>
	170	<u>4.76a</u>	-	-	25	<u>4.70a</u>
Kat Ayrımı	0	<u>200a</u>	0	<u>200a</u>	0	<u>200a</u>
	110	<u>206a</u>	3	<u>211a</u>	10	<u>211a</u>
	130	<u>212a</u>	5	<u>209a</u>	15	<u>207a</u>
	150	<u>212a</u>	-	-	20	<u>210a</u>
	170	<u>210a</u>	-	-	25	<u>212a</u>
Optimum Koşul	170		3/5		15/20	

Çizelge 5.3 incelendiğinde 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklıktaki artışların kat ayrımı, kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi

değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak, sıcaklığın 170 °C uygulanmasıyla kartonların özellikle yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği özellikleri üzerine %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin etkilerinin olduğu yine Çizelge 5.3'te görülmektedir.

Duncan testine göre 400 gramajındaki gri kartonların fiziksel özellikleri üzerinde kalenderleme süresinin 3 ve 5 saniye uygulanmasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Kalenderleme işleminde 400 gramajındaki gri kartonlara uygulanan basıncın artırılmasının kopma uzunluğu, kat ayrımı, patlama indisi ve yırtılma indisi değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı yukarıda Çizelge 5.3'te görülmektedir. Ancak, belirli bir sıcaklık ve sürede gri kartonlara uygulanan basınç kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi değerleri üzerinde olumlu bir etki gösterirken özellikle yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği değerleri basıncın artışına paralel olarak iyileşmektedir. Optimum fiziksel özellikler 15, 20 ve 25 bar basıncın uygulandığı kalenderleme işleminde elde edilmiş olup 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde 15 bar basıncın kullanılması ekonomiklik açısından daha uygundur.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve Çizelge 5.3'e göre 400 gramajındaki gri kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 170 °C
Kalenderleme Süresi	: 3 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 15 bar

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda gri kartonların kalenderlenmesi sonucu özellikle yüzey düzgünlüğünün arttığı tespit edilmiştir. Kağıt ve kartonlarda yüzey düzgünlüğünün iyi olması mürekkep emilimi ve baskı kalitesi gibi özelliklerin kaliteli olmasını sağlamaktadır. Kağıt ve kartonların yüzey düzgünlüğü arttıkça yani yüzey pürüzlülüğü azaldıkça üzerine yapılacak baskının kalitesi de artmaktadır. Gri kartonlar özellikle konik masura ve ambalaj sektöründe kullanılmakta olup üzerine firma bilgileri, içerdiği ürünler ve bazı talimatlar basılmaktadır. Bu nedenle bu sektörde kullanılan gri kartonların baskı kalitelerinin iyi olması istenir. Gri karton üreticileri bu nedenle ürettikleri kartonların yüzey özelliklerini iyileştirmek için üretim prosesinde bazı işlemler yapmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünü azaltan işlemlerden en önemlisi ise kalenderleme işlemidir.

Yapılan bu çalışma sonucunda genel olarak farklı gramajlardaki gri kartonların kalenderlenmesinde sıcaklığın önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklıktaki artış ile yüzey pürüzlülüğü değerleri azalmış ve daha pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir. Aynı zamanda gri kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sürenin kısa tutulması hem makine hızını artırmakta hem de harcanan enerjiyi azaltmaktadır. Bu çalışmada gri kartonların kalenderlenme süresi 3 saniye tutulmuş ve 5 saniye ile karşılaştırıldığında fiziksel özellikler üzerinde belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Kalenderleme işlemin en önemli parametrelerinden birisi de kağıt ve kartonlara uygulanan basınçtır. Bu çalışmada farklı gramajlardaki gri kartonların kalenderlenmesinde 4 farklı basınç uygulanmış ve uygulanan basınç miktarı arttıkça gri kartonların yüzey düzgünlüğünün arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda basınç artışı ile lifler yassılaşıp hava geçirgenliğine karşı direnç de artmıştır. Gri kartonlardan istenen en önemli özelliklerden birisi baskı kalitesi olup bu özelliğe kartonların yüzey özellikleri etki etmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda basınç artışına paralel olarak gri kartonların yüzey pürüzlülüğü de azalmıştır. Bu durum baskı kalitesinin iyileşeceğinin bir göstergesidir.

Kalenderleme işlemi sonrasında gri kartonların kalınlıklarında bir azalma söz konusudur. Buna bağlı olarak hacim azalır ve yoğunluk artar. Yoğunluğun artmasıyla birlikte kağıt lifleri arasında kalan boşluklar azalacağı için kartonun hava geçirgenlik değeri sayısal olarak artacaktır. Gri kartonların farklı sıcaklık, basınç ve sürede kalenderlenmesinde, yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği özelliklerinin olumlu yönde etkilenen yanı sıra kopma, patlama ve yırtılma mukavemetleri kalenderleme işlemi ile kayda değer bir değişim göstermemiştir. Genel olarak yırtılma indisinde belirgin bir farklılıklara rastlanırken bazı koşullarda patlama indisi değerleri artış göstermiştir.

## **5.2. Miğfer Kartonların Optimum Kalenderleme Koşullarının Belirlenmesi**

Aşağıda Çizelge 5.4'te 165 gramajındaki miğfer kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.4. Kalenderleme işlemi sonrası 165 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
	0	<u>268a</u>	0	<u>268a</u>	0	<u>268a</u>
Kalınlık (birim)	110	241b	3	232b	10	238b
	130	236b	5	230b	15	234bc
	150	226c	-	-	20	229cd
	170	221c	-	-	25	224d
	0	1.58a	0	1.58a	0	1.58a
Hacimlilik	110	1.44b	3	<u>1.40b</u>	10	1.42b
	130	1.41b	5	<u>1.36b</u>	15	1.39b
	150	1.36c	-	-	20	<u>1.37bc</u>
	170	<u>1.31d</u>	-	-	25	<u>1.33c</u>
	0	0.63d	0	0.63b	0	0.63c
Yoğunluk	110	0.69c	3	0.72b	10	0.70b
	130	0.71c	5	<u>0.74a</u>	15	0.72b
	150	0.74b	-	-	20	<u>0.73ab</u>
	170	<u>0.76a</u>	-	-	25	<u>0.75a</u>
	0	4.88d	0	4.88b	0	4.88c
Pürüzlülük	110	3.71c	3	<u>3.48a</u>	10	3.64b
	130	3.62c	5	<u>3.33a</u>	15	<u>3.44ab</u>
	150	3.32b	-	-	20	<u>3.13a</u>
	170	<u>2.95a</u>	-	-	25	<u>3.21a</u>
	0	26e	0	26.00b	0	26b
Hava Geçirgenliği	110	30.88d	3	<u>39.15a</u>	10	<u>39.71a</u>
	130	35.42c	5	<u>42.56a</u>	15	<u>39.79a</u>
	150	43.46b	-	-	20	<u>41.97a</u>
	170	<u>53.67a</u>	-	-	25	<u>42.13a</u>
	0	4399b	0	4399b	0	4399b
Kopma Boy	110	<u>5019a</u>	3	<u>5070a</u>	10	<u>5011a</u>
	130	<u>5073a</u>	5	<u>4939a</u>	15	<u>4966a</u>
	150	<u>4985a</u>	-	-	20	<u>5026a</u>
	170	<u>4940a</u>	-	-	25	<u>5015a</u>
	0	1719c	0	1719b	0	1719b
Kopma En	110	<u>1817ab</u>	3	<u>1823a</u>	10	<u>1814ba</u>
	130	1787bc	5	<u>1832a</u>	15	<u>1792a</u>
	150	<u>1824ab</u>	-	-	20	<u>1856a</u>
	170	<u>1880a</u>	-	-	25	<u>1846a</u>
	0	7.16a	0	7.16a	0	7.16a
Yırtılma	110	6.74b	3	6.57b	10	6.62b
	130	6.62bc	5	6.51b	15	<u>6.76ba</u>
	150	6.52bc	-	-	20	6.38b
	170	6.27c	-	-	25	6.39b
	0	3.00a	0	<u>3.00a</u>	0	<u>3.00a</u>
Patlama	110	<u>2.85a</u>	3	<u>2.83a</u>	10	2.76b
	130	<u>2.95a</u>	5	<u>2.89a</u>	15	2.86ab
	150	<u>2.84a</u>	-	-	20	2.95ab
	170	<u>2.80a</u>	-	-	25	2.86ab
	0	122b	0	122b	0	122b
Kat Ayrımı	110	<u>148a</u>	3	<u>149a</u>	10	<u>144a</u>
	130	<u>152a</u>	5	<u>149a</u>	15	<u>151a</u>
	150	<u>149a</u>	-	-	20	<u>153a</u>
	170	<u>149a</u>	-	-	25	<u>150a</u>
	Optimum Koşul	170		5		10/15

165 gramajındaki miğfer kartonların belirli basınç ve sürede kalenderlenmesi sırasında uygulanan sıcaklıktaki artışların yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği hariç

diğer fiziksel özellikler üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı Çizelge 5.4'te görülmektedir. Ancak uygulanan belirli bir sıcaklık ile kopma uzunluğu ve kat ayrımı değerleri artış göstermiştir.

Çizelge 5.4 incelendiğinde, miğfer kartonların kalenderlenmesinde belirli sıcaklık ve basınç altında uygulanma süresinin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması kartonların yoğunluk değerleri üzerinde %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin etkilerinin olduğu anlaşılmaktadır.

165 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesi sırasında uygulanan basınç artışlarının yapılan Duncan testine göre fiziksel özellikler üzerine yüzey pürüzlülüğü hariç % 5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, kalenderleme işleminde miğfer kartonlara belirli oranlarda basınç uygulanması ile yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği, kopma uzunluğu, patlama indisi ve kat ayrımı değerleri olumlu yönde etkilenirken yırtılma indisi değerlerinde düşüş yaşanmıştır.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve Çizelge 5.4'e göre 165 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 170 °C
Kalenderleme Süresi	: 5 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 10 – 15 bar

Aşağıda Çizelge 5.5'te 275 gramajındaki miğfer kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kalenderleme işlemi sonrası 275 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
Kalınlık (birim)	0	<u>444a</u>	0	<u>444a</u>	0	<u>444a</u>
	110	422b	3	415b	10	419b
	130	420b	5	411b	15	414b
	150	419b	-	-	20	411b
	170	390c	-	-	25	409b
Hacimlilik	0	1.63a	0	1.63a	0	1.63a
	110	<u>1.56b</u>	3	<u>1.52b</u>	10	<u>1.51b</u>
	130	1.54c	5	<u>1.50b</u>	15	<u>1.51b</u>
	150	1.52c	-	-	20	<u>1.50b</u>
	170	<u>1.42d</u>	-	-	25	<u>1.50b</u>
Yoğunluk	0	0.61d	0	0.61b	0	0.61b
	110	0.64c	3	0.66a	10	0.66a
	130	0.65b	5	<u>0.67a</u>	15	0.66a
	150	0.66b	-	-	20	0.66a
	170	<u>0.70a</u>	-	-	25	0.66a
Pürüzlülük	0	6.05d	0	6.05b	0	6.05b
	110	4.23c	3	<u>3.89a</u>	10	<u>4.02a</u>
	130	4.06c	5	<u>3.75a</u>	15	<u>3.85a</u>
	150	3.87b	-	-	20	<u>3.78a</u>
	170	<u>3.12a</u>	-	-	25	<u>3.62a</u>
Hava Geçirgenliği	0	40a	0	40b	0	40a
	110	46b	3	<u>58a</u>	10	<u>58b</u>
	130	52c	5	<u>62a</u>	15	<u>59b</u>
	150	65d	-	-	20	<u>60b</u>
	170	<u>78e</u>	-	-	25	<u>63b</u>
Kopma Boy	0	<u>2924a</u>	0	<u>2924a</u>	0	2924b
	110	<u>2810a</u>	3	<u>2874a</u>	10	2845b
	130	<u>2872a</u>	5	<u>2858a</u>	15	2642c
	150	<u>3017a</u>	-	-	20	<u>3200a</u>
	170	<u>2767a</u>	-	-	25	2777bc
Kopma En	0	<u>1550a</u>	0	<u>1550a</u>	0	<u>1550a</u>
	110	1285b	3	1323b	10	1297b
	130	1275b	5	1255b	15	1184c
	150	1320b	-	-	20	1344b
	170	1276b	-	-	25	1331b
Yırtılma	0	<u>6.81a</u>	0	<u>6.81a</u>	0	<u>6.81a</u>
	110	<u>6.93a</u>	3	<u>7.01a</u>	10	<u>7.06a</u>
	130	<u>7.11a</u>	5	<u>7.01a</u>	15	<u>7.06a</u>
	150	<u>6.97a</u>	-	-	20	<u>6.97a</u>
	170	<u>7.02a</u>	-	-	25	<u>6.94a</u>
Patlama	0	<u>3.20a</u>	0	<u>3.20a</u>	0	<u>3.20a</u>
	110	<u>3.28a</u>	3	<u>3.31a</u>	10	<u>3.24a</u>
	130	<u>3.29a</u>	5	<u>3.27a</u>	15	<u>3.34a</u>
	150	<u>3.34a</u>	-	-	20	<u>3.20a</u>
	170	<u>3.26a</u>	-	-	25	<u>3.39a</u>
Kat Ayrımı	0	164b	0	164a	0	164b
	110	<u>187a</u>	3	<u>188a</u>	10	<u>190a</u>
	130	<u>186a</u>	5	<u>176a</u>	15	<u>191a</u>
	150	<u>191a</u>	-	-	20	<u>185a</u>
	170	<u>185a</u>	-	-	25	<u>183a</u>
Optimum Koşul	170		3/5		10/15	

275 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sıcaklıktaki artışların yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği hariç diğer fiziksel özellikler üzerinde

anlamli bir etkisinin olmadığı yukarıda Çizelge 5.5'ten anlaşılmaktadır. Ancak, sıcaklık uygulamasının 275 gramajındaki miğfer kartonların kat ayrımı değerleri üzerine anlamli bir etkisinin olduğu yine izelge 5.5'te görülmektedir.

Çizelge 5.5 incelendiğinde, 275 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenme sresindeki artışların yapılan Duncan testine göre fiziksel özellikler üzerine %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle ekonomiklik ve üretim hızı açısından kalenderleme süresinin 3 saniyede tutulması daha uygundur.

Kalenderleme işleminde uygulanan basınç artışının 275 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri üzerine sadece kopma uzunluğuunda anlamli bir etkisinin olduğu yukarıda izelge 5.5'te görülmektedir. Ancak, miğfer kartonlara belirli sıcaklık ve sürede uygulanan basıncın yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği, kopma uzunluğu (boy) ve kat ayrım değerleri üzerine olumlu bir etkisinin olduğu yine izelge 5.5'ten anlaşılmaktadır. Fiziksel zellikler incelendiğinde optimum değerler 10 ve 15 bar basınç uygulanan kalenderleme koşullarından elde edilmiştir.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve izelge 5.5'e göre 275 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 170 C
Kalenderleme Süresi	: 3 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 10 bar

Aşağıda izelge 5.6'da 400 gramajındaki miğfer kartonların farklı koşullarda kalenderlenmesi sonucunda elde edilen fiziksel özellikler verilmiştir.

Çizelge 5.6. Kalenderleme işlemi sonrası 400 gramajındaki miğfer kartonların fiziksel özellikleri ve Duncan test sonuçları

Fiziksel Özellikler	Sıcaklık (°C)		Süre (saniye)		Basınç (bar)	
	0	<u>552a</u>	0	<u>552a</u>	0	<u>552a</u>
Kalınlık (birim)	110	537b	3	528b	10	534b
	130	529bc	5	522b	15	528bc
	150	523c	-	-	20	522cd
	170	512d	-	-	25	517d
Hacimlilik	0	1.35a	0	1.35a	0	1.35a
	110	1.32ab	3	1.30b	10	1.31b
	130	1.30bc	5	1.28b	15	1.30b
	150	1.28cd	-	-	20	1.27c
	170	1.26d	-	-	25	1.27c
Yoğunluk	0	0.74d	0	0.74b	0	0.74c
	110	0.75cd	3	0.77a	10	0.76b
	130	0.77bc	5	0.78a	15	0.77b
	150	0.78ab	-	-	20	0.79a
	170	0.79a	-	-	25	0.79a
Pürüzlülük	0	6.19e	0	6.19b	0	6.19b
	110	4.48d	3	3.87a	10	3.98a
	130	3.92c	5	3.71a	15	3.85a
	150	3.46b	-	-	20	3.74a
	170	3.29a	-	-	25	3.57a
Hava Geçirgenliği	0	47a	0	47a	0	47a
	110	52b	3	55b	10	56b
	130	53b	5	60b	15	57b
	150	58c	-	-	20	58b
	170	68d	-	-	25	59b
Kopma Boy	0	4742a	0	4742a	0	4742a
	110	4762a	3	4739a	10	4736a
	130	4821a	5	4934a	15	4859a
	150	4912a	-	-	20	4946a
	170	4850a	-	-	25	4805a
Kopma En	0	1459c	0	1459b	0	1459c
	110	2227a	3	2173a	10	2257a
	130	2222a	5	2201a	15	2175ab
	150	2194ab	-	-	20	2146b
	170	2105b	-	-	25	2170ab
Yırtılma	0	9.65a	0	9.65a	0	9.65b
	110	10.10a	3	10.11a	10	9.94b
	130	10.13a	5	10.22a	15	10.63a
	150	10.01a	-	-	20	10.19ab
	170	10.41a	-	-	25	9.89b
Patlama	0	8.60b	0	8.60a	0	8.60a
	110	9.05ab	3	8.86a	10	8.78a
	130	9.14ab	5	9.19a	15	9.19a
	150	9.35a	-	-	20	9.25a
	170	8.58b	-	-	25	8.90a
Kat Ayrımı	0	483a	0	483a	0	483a
	110	450b	3	444b	10	457b
	130	440b	5	446b	15	440bc
	150	445b	-	-	20	448bc
	170	447b	-	-	25	436c
Optimum Koşul	150/170		3/5		10/15	

Çizelge 5.6 incelendiğinde, 400 gramajındaki miğfer kartonlara uygulanan sıcaklıktaki artışların yapılan Duncan testine göre kat ayrımı, yırtılma indisi ve kopma uzunluğu (boy) hariç diğer fiziksel özelliklerde üzerine %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Miğfer kartonlara belirli süre ve basınç altında yapılan sıcaklık uygulaması ise yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği kopma uzunluğu ve patlama indisi değerleri üzerine olumlu bir etki göstermiştir. 400 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde optimum fiziksel özellikler 150 °C ve 170 °C sıcaklık uygulanan koşullarda elde edilmiştir. Ekonomiklik dikkate alındığında kalenderleme sıcaklığının 150 °C olması daha uygundur.

400 gramajındaki miğfer kartonlarında kalenderlenmesinde uygulanan süresin 3 saniyeden 5 saniyeye çıkarılması kartonların fiziksel özellikleri üzerinde %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin etkilerinin olmadığı Çizelge 5.6'da görülmektedir. Bu nedenle, optimum kalenderleme süresinin 3 saniye tutulması daha ekonomiktir.

Kalenderleme işleminde miğfer kartonlara uygulanan basınçtaki artışların fiziksel özelliklerden kat ayrımı, yırtılma indisi ve kopma uzunluğu (en) değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olduğu yukarıda Çizelge 5.6'da görülmektedir. Ancak, Çizelge 5.6 incelendiğinde belirli sıcaklık ve sürede 400 gramajındaki miğfer kartonlara uygulanan basınç ile yüzey pürüzlülüğü, hava geçirgenliği, kopma uzunluğu (en) ve patlama indisi değerleri olumlu yönde etkilenirken diğer özellikler üzerinde basınç uygulamasının olumsuz bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Optimum fiziksel özellikler 20 ve 25 bar basınç altında kalenderlenen miğfer kartonlardan elde edilmiştir. Kalenderleme basıncının 20 bar tutulması ekonomiklik açısından daha uygundur.

Yukarıda yapılan değerlendirmelere ve Çizelge 5.6'ya göre 400 gramajındaki miğfer kartonların kalenderlenmesinde fiziksel özellikler açısından optimum kalenderleme koşulu aşağıda verilmiştir.

Kalenderleme Sıcaklığı	: 150 °C
Kalenderleme Süresi	: 3 – 5 saniye
Kalenderleme Basıncı	: 10 – 15 bar

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda miğfer kartonların kalenderlenmesi sonucu özellikle yüzey düzgünlüğünün arttığı tespit edilmiştir. Gri kartonlarda olduğu gibi yüzey düzgünlüğünün iyi olması mürekkep emilimi ve baskı kalitesi gibi özelliklerin kaliteli olmasını sağlamaktadır. Düşük gramajlı miğfer kartonlar özellikle masura ve miğfer boru sektöründe kullanılmakta olup üzerine firma bilgileri ve bazı talimatlar basılmaktadır. Bu

nedenle bu sektörlerde kullanılan miğfer kartonların baskı kalitelerinin iyi olması istenir. Miğfer karton üreticilerinde miğfer kartonlar için genellikle kalender çalıştırılmamaktadır.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda genel olarak miğfer kartonların kalenderlenmesinde sıcaklığın yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği dışında diğer parametrelerde  $P < 0,005$  önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Aynı zamanda düşük gramaj miğfer kartonlar hariç diğer miğfer kartonların kalenderlenmesinde uygulanan sürenin kısa tutulması hem makine hızını artırmakta hem de harcanan enerjiyi azaltmaktadır. Bu çalışmada miğfer kartonların kalenderlenme süresi ekonomiklik açısından 3 saniye tutulmuş ve 5 saniye ile karşılaştırıldığında fiziksel özellikler üzerinde belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Basınç gri kartonlarda olduğu gibi miğfer kartonlar içinde en önemli parametrelerdendir. Basıncın artmasıyla birlikte bütün fiziksel özelliklerde değişimler meydana gelmiştir.

Kalenderleme işlemi sonrasında miğfer kartonların kalınlıklarında bir azalma söz konusudur. Buna bağlı olarak hacim azalır ve yoğunluk artar. Yoğunluğun artmasıyla birlikte kağıt lifleri arasında kalan boşluklar azalacağı için kartonun hava geçirgenlik değeri sayısal olarak artacaktır.

Miğfer kartonların farklı sıcaklık, basınç ve sürede kalenderlenmesinde olumlu yönde etkilenen yüzey pürüzlülüğü ve hava geçirgenliği özelliklerinin yanı sıra kopma, patlama mukavemetleri kalenderleme işlemi ile olumlu yönde değişim göstermiştir. Yırtılma mukavemeti ise negatif yönde etkilenebilir.

### 5.3. Öneriler

- Kalenderleme işleminde uygulanan sıcaklık ve süre artışı ile birlikte kartonların kalınlıklarında bir miktar azalma meydana gelmektedir. Basıncın artması ile birlikte kalınlıklarda meydana gelen bu azalma daha da fazla olmaktadır. Kalınlığın azalması ile yoğunluk artar ve hacimlilik azalır. Yüksek gramajlı kartonlarda kullanım yerlerine göre hacimlilik ön plana çıkmaktadır. Birbiriyle beraber kullanılacak olan kartonlarda oluşan kalınlık farklılıkları, işletmelerde aynı katmanlardan oluşturulan ürünlerde, kalınlık farklılığından dolayı daha fazla karton kullanılmasına sebep olup işletme maliyetlerini arttıracaktır.

- Yoğunluğun artmasına bağılı olarak bazı fiziksel özelliklerde (patlama, boy/en kopma gibi) iyileşmeler görülürken yırtılma direnci gibi özelliklerde ise fazla basınçtan dolayı düşmeler meydana gelmektedir. Yoğunluğun artması ile beraber kartonların içerisinde bulunan hava gözenekleri kapanacak ve kartonun hava geçirgenliği sayısal olarak artacaktır. Bu durum, işletmelerde aynı yüzey alanına sahip kartonlarda kullanılan tutkal miktarını düşürecek olup işletme maliyetlerinin azalmasına sebep olacaktır.
- Her üç değişkende (sıcaklık, süre, basınç) de yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesi konik masura yapımında kullanılacak olan kartonların daha iyi baskı almasına ve boyayı dağıtmadan yüzeyinde tutmasına yardımcı olacaktır. Bu işlem işletmelerin boya emdirme ve yüzeyde tutma işlemlerini kolaylaştırarak, hem boya maliyetlerini azaltacak hemde baskıdan dolayı oluşan ürün fire miktarlarını azaltacaktır.
- Kat ayrımı son zamanlarda karton sektöründe önem taşıyan bir fiziki özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. İki veya daha fazla kat olarak üretilen kartonlarda katların birbirleriyle olan yapışmasını gösterir. Üç değişkende de kat ayrımının sayısal değerinin düştüğü yani katlar arasındaki bağın zayıfladığı gözlemlenmektedir. Kat ayrımının düşük olması, karton üreten işletmeler için katlar arasına verilen tutundurma kimyasalları bakımından maliyeti arttıracaktır. Karton ürünleri kullanarak masura ya da konik masura üretecek olan işletmelerde ise; katlar arası ayrılmalara sebebiyet vererek işletmeler için ürün fire miktarlarını arttıracak ve maliyetlerin artmasına sebep olacaktır.
- Kalenderleme işlemi yapılırken, kalenderlemeden geçirilecek olan kartonun zaman çizelgesi de önemlidir. Ekonomik açıdan düşük maliyetli üretimler yapmak için; kalenderleme de geçirilen sürenin optimum değerlerin çok da üstüne çıkmaması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ateş, S., Atik. C, Ni, Y., 2009. Effect Of Endoxylanase Pre Treatment On The Fiber Characteristics. Brightness Stability And Strength Properties Of Bleached Wheat Straw Pulp. *Cellulose Chemistry And Technology*. 43(1-3). 17-23.
- Brander, J., Thorn, M., 1997. Carbonate Filler on the Hydrolysis Kinetics of Alkylketene Dimer. I. Surface Application of Paper Chemicals. Blackie Academic & Professional. pp. 208-228.
- Casey. J.P., 1960. Selüloz ve Kağıt Kimyası ve Kimyasal Teknolojisi 2. İzmit.
- Casey, J. P., 1961. Pulp and Paper, Vol: II, Paper Making. Interscience Publishers INC., Newyork, pp: 581-582.
- Casey. J.P.. 1980. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. 3rd ed.. Wiley Interscience. New York. 1: 152-156. 505-597.
- Clark, J., A., 1978. Pulp Technology, Mille Freeman Publications, Inc. California.
- Çöpür, Y., Tozluoğlu, A., Karademir. A., 2007. Pulping of Licorice (*Glycyrrhiza Glabra*): An Alternative Raw Material to Produce Pulp. *Cellulose Chemistry and Technology*. 41(2-3):155-159.
- Ehrola, J.,A., Heinesniemi, H., Kuasa, M., Kyytsönen, P., Linnonmaa, T., Mäenpää, R., Pictikäinen, R., Stapels, M., Tani, H., 2000. Calendering, in Papermaking Part 3, Finishing, Edited Mikko Jokio, Printed by Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland, p. 14-140.
- Enormae, T., Huang. T., LePoutre. P., 1997. Softcalendering: Effect of temperature. pressure and speed on sheet properties. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*. 12(1):13-18.
- Erkan, Z.E., Malayoğlu, U., 2001. Kağıt-Karton Sanayiinde kullanılan Endüstriyel Hammaddeler ve Özellikleri. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. S:250. 18 19 Ekim 2001. İzmir. Türkiye.
- Eroğlu, H., 1979. Kağıt Fabrikasyonu Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 29, 236 s.

- Eroğlu, H., 1990. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. KTÜ Orman Fakóltesi, Yayın No: 90, 623 s.
- Eroğlu, H., 2003. Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziđi Ders Notları, Üniversite Yayın No: 27, Fakólte Yayın No: 13, 144 sayfa, Bartın.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı. Cilt I-II. Trabzon. 839s.
- Fellers, C., Östlund, S., Makela, P., 2012. Evaluation of the Scott bond test method. Nordic Pulp and Paper Research Journal Vol 27 no.2/2012, 231-236.
- Gabbusch, U., Rothfuss, U., 1995. Alternative Calendering Technologies Effects of Geometry and Number of Nips on Calendering Results. Wochenblatt fur Papierfabrikation, vol.123, n°11/12, juin pp 369-380.
- Gratton, M.F., Crotogino, R.H., 1988. The effects of Z-direction moisture and temperature gradients in the calendering of newsprint. J. Pulp Paper Sci. 14(4):82.
- Hawes, J. M., 1994. Design Consideration for Paper Machine Clothing (Ed. Doshi, M) Secondary Fibre Application Recycled Paper Technology. Tappi Press. Atlanta S:60-66.
- Hestmo, R. H., Lamvik, M., 2000. Simulation of calendaring mechanics. Nordic conference on paper calendering, Trondheim Norway, paper 1, pp.15.
- Holmstad, R., Kure, K.A., Chinga, G., Gregersen, W., 2004. Effect of temperature gradient multi-nip calendering on the structure of SC paper. Nordic Pulp and Paper research Journal, 19(4): 489-494.
- İmamoğlu, S., ve Kayacan, B., 2002. Kağıt Endüstrisinde Lifsel Hammadde Kullanımı Ve Orman Kaynakları Yönetimi. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. 15-16 Mayıs 2002. Artvin.
- Jeyasingam, T., 1980. Notes of Lectures and Discussions on Pulp and Paper Mills Operation Problems for Supervisory Personnel and Technicians, SEKA, TURKEY.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, I., Hızıroğlu, S., 2005. Kiri (Paulownia tomentosa) Wood: Chemical Properties and Suitability of Particleboard Industry. Journal of Wood Science. 51(4):410-414.

- Karıncaoğlu, M., 2009. Dönüşümlü Kağıt İşletmeciliği Temel Bilgiler, <http://www.scribd.com/doc/38515261/Donusumlu-Kagit-Isletmemeciliği-temel-bilgiler>, 15 Mart 2010.
- Karıncaoğlu, M., 2010. Kağıt ve Karton Üretimi, I.Cilt-Üretim Hattı, <http://www.scribd.com/doc/26773200/Ka%C4%9F%C4%B1t-vekarton-uretimi-Cilt-1>, 12 Nisan 2010,
- Karıncaoğlu, M., Usta M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi , II.Cilt-Üretim Hattı, Cilt-2, Ağustos 2004,
- Kartovaara, I., Rajal, R., Luukkala, M., Sipi, K., 1985. Conduction of Heat in Paper. Papermaking Raw Material vol.1, Transaction of the 8th Fundamental Research Symposium, Oxford, pp 381-411.
- Keller S. F., 1992. Calendering variables affecting coated paper properties. Proceeding of TAPPI Coating Conference, Atlanta, pp 71-76.
- Kerekes, R. J., 1976. Speed and Loading Effects in a Calender Nip, Transactions of the Technical Section. Pulp and Paper Canada, 2(3): 88-91, 1976.Oxford. UK. vol. 1. pp 369-430.
- Kuehn, E. H., 1970. Calendering, in Handbook of Pulp and Paper Technology. K.W. British Editor, Van Nostrand Reinhold, 723 pp.
- Liu, P., Liu, X., Liu, J., 2013. Effect of Calendering Conditions on the Properties of Paper. Advanced Materials Research, Vols: 750-752, pp:2040-2043.
- Maume, J. P., Schut, T., Norman, J. C., 1996. A Comparison of Characteristics of Paper Supercalendered with Rolls of Aramid Filling, Cotton Filling and Polymer Covers. TAPPI Finishing and Converting Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta (GA), pp 9-13.
- Meinecke, A., 1985. Working with a machine calender. Wochenblatt fur Papierfabrikation, 113(22): 858-862.
- Norman, B.E., 1962. Calenders, Supercalender. and Embossers, in Pulp and Paper Science and Technology, Edited. by C.E.Libby, Mc Graw Hill Book Comp. New York, London, 414 pp.

- Rasi, M., 2013. Permeability Properties of Paper Materials. PhD Thesis, Faculty of Mathematics and Natural Sciences of the University of Jyväskylä.
- Robertson, R. A., 1999. Advances and Trends in Calendering Technology. TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta (GA), p. 503.
- Rothfuss, U., 1994. A review of surface characteristics and printing results from soft and supercalendered papers. TAPPI Finishing and Converting Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta (GA), pp 133-142.
- Ruzicka, J., 1994. Forming Fabrics are Only One Variable in Enhancing Quality of Recycled Sheet (Ed. Patrick. K.L.) Advances in Paper Recycling. Miller Freeman Books. San Francisco. S:121-123.
- Salmen, L., 1982. Temperature and Water Induced Softening Behaviour of Wood Fiber Based Materials. Thesis, Department of Paper Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, p 54.
- Salmen, L., 1993. Response of paper properties to changes in moisture content and temperature. Products of Papermaking. 10th Fundamental Research Symposium.
- SKSV, 2018. Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı (SKSV). 2018 Raporu. İstanbul.
- Smook, G.A., 1994. Handbook for pulp & paper technologists. Angus Wilde Publications.454p. Canada.
- Sorenson, M. A., 1994. Calendering basics: the theory and evolution of finishing technology. Tappi calendering and winding short course, the Yorktowne hotel York, PA, 2-4 May, pp 25-34.
- Sönmez, S., 2008. Kartonun Yüzey Özelliklerinin Değiştirilerek Basılabilirlik Niteliğinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Sözbir, T., 2015. Retansiyon Kimyasallarının Bazı Ambalaj Kağıtların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. KSÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
- Sözen, M., 1999. Ülkemizde Üretilen III. Hamur Kağıtların Baskı Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Tespiti ve Uygulamadaki Sorunların Giderilmesinin Araştırılması. İstanbul.

- Stumbo, D.A., 1963. Surface texture measurement methods. *Forest Products Journal*, 13: 299-304.
- Svenka, P., Sorenson, M., 1998. The Future of Calendering Technology, TAPPI Finishing and Converting Conference Proceedings. TAPPI Press, Atlanta (GA), pp 203-215.
- Şahin, H.T., 2010. Geri Dönüşüm Ders Notları (Basılmamıştır). SDÜ Orman Fakültesi. Isparta.
- Tutuş, A., Eroglu, H., 2004. A Practical Solution to the Silica Problem in Straw Pulping. *Appita J.* 56(2). 111-115.
- URL-1. <http://www.ustunambalaj.com.tr/tr/ueruenlerimiz/gri-karton.html> (01.01.2019).
- Vaittinen H., Renvall S., Haavisto, J., 2008. New calendering and coating tools to improve coated fine paper quality. Tappi PaperCon '08, May 4-7, Dallas, Texas
- Yakut, A., 2012. Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kağıttan Yeni Kağıt Üretiminin İrdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, A(2): 149-155.
- Young, R. A., 1997. Pulp and paper. In: *Paper and composites from agro-based resources*. R. M. Rowell. R. A. Young and J. K. Rowell (Eds) CRC Press Inc. Boca Raton. Florida. 137-236.
- Zimmermann, L., 2002. Roll cover and coating effects on calendering quality. *Twogether*, Special issue, Systems for finishing, Edited by Voith.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Umut SAKÇILAR  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 11.02.1983 / Mersin  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (542) 499 11 02  
e-posta : [umutsakcilar@kmpaper.com](mailto:umutsakcilar@kmpaper.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ/ Orman Endüstri Mühendisliği	2019
Lisans	KSÜ/ Orman Endüstri Mühendisliği	2010

### Yayın

Ahmet TUTUŞ ve Umut SAKÇILAR (2016). “Atık Kağıt Geri Dönüşümünün Diyarbakır Ekonomisine Katkısı” I. Uluslararası Diyarbakır Sempozyumu, 1(1), Yayın No:3023318, pp: 1439-1446, Diyarbakır.

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-Halen	K.Maraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş.	Üretim Şefi
2008-2010	Vodafone Telekomünikasyon	Kurumsal Satış Temsilcisi
2006-2008	Coca-Cola İçecek	Satış Temsilcisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Tiyatro, Resim yapmak