

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OZON TEKNOLOJİSİNİN DOKUMA HAVLU KUMAŞLARDA  
HİDROFİLİTE VE AĞARTMA ÖZELLİĞİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞEYMA SOYDAŞ**

**DENİZLİ, EKİM - 2016**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**OZON TEKNOLOJİSİNİN DOKUMA HAVLU KUMAŞLARDA  
HİDROFİLİTE VE AĞARTMA ÖZELLİĞİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞEYMA SOYDAŞ**

**DENİZLİ, EKİM - 2016**

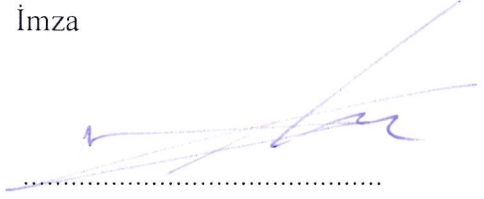
## KABUL VE ONAY SAYFASI

ŞEYMA SOYDAŞ tarafından hazırlanan “OZON TEKNOLOJİSİNİN DOKUMA HAVLU KUMAŞLARDA HİDROFİLİTE VE AĞARTMA ÖZELLİĞİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.10.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

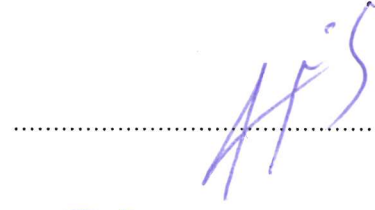
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. YILDIRAY TURHAN



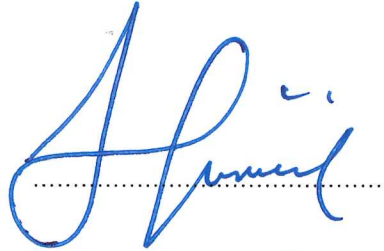
Üye  
Prof. Dr. HÜSEYİN AKSEL EREN



Üye  
Doç. Dr. GÜNGÖR DURUR



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11/11/2016 tarih ve ..41/20... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**



**ŞEYMA SOYDAŞ**

## ÖZET

### OZON TEKNOLOJİSİNİN DOKUMA HAVLU KUMAŞLARDA HİDROFİLİTE VE AĞARTMA ÖZELLİĞİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEYMA SOYDAŞ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. YILDIRAY TURHAN)

DENİZLİ, EKİM - 2016

Çalışmada ozon teknolojisinin tekstil ön terbiyesinde pamuk havlu kumaşlarda nişasta haşılının sökülmesine etkisi, havlu kumaşların hidrofilleşmesine katkısı ve ağartılması işlemleri ile ilgili olan kısmı araştırılmıştır. Terbiye işlemlerinin daha ekolojik hale getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, 4 farklı gramajdaki pamuk havlu numuneler üzerinde farklı ozon gazı akış hızlarında ve farklı ozonlama sürelerinde numuneler üzerinde meydana gelen hidrofilleşme durumu deneysel çalışmalar yapılarak incelenmiştir. Haşılı sökülmüş numune havlu kumaşlar üzerinde ozonlamanın renk giderimindeki etkinliği laboratuvar çalışmaları ile incelenmiştir. Ham pamuk havlu kumaşlar üzerinde enzimatik hidrofilleştirme ve hidrojen peroksit ağartması yapılmıştır. Tüm ozon teknolojisi ile yapılan işlemler geleneksel yöntemlerle kıyaslanmıştır. Ozonlama işlemi ile pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde meydana gelen beyazlık derecesi incelenmiştir. 9 ay bekletme süresi sonunda numunelerin ölçülen beyazlık derecelerinde yaklaşık olarak %12 oranında düşüş gözlenmiştir. Sonuç olarak ozon teknolojisi ile pamuk havlu kumaş terbiyesinde kimyasal malzemelerle yapılan işlemler yapılmış aynı sonuçlar hatta daha iyi sonuçlar alınmıştır. Dolayısı ile ozon yeni birçok yöntemle birlikte desteklendiği takdirde tekstilin çoğu alanında ekolojik ve ekonomik çözümler sağlayacağı anlaşılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER: OZON, PAMUK, HAVLU KUMAŞ,  
HİDROFİLİTE, AĞARTMA, EKOLOJİK**

## **ABSTRACT**

### **AN INVESTIGATION OF OZONE TECHNOLOGY IMPACT ON WOVEN TOWEL FABRICS IN THE HYDROPHILITE AND BLEACHING FEATURE**

**MSC THESIS**

**SEYMA SOYDAS**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:DOÇ. DR. YILDIRAY TURHAN)**

**DENİZLİ, OCTOBER 2016**

In this study, we wanted to see the effect of ozone technology in cotton terry fabric to remove the starch sizing on the textile pretreatment, contribution to terry fabric of being hydrophilic, and the part of related to the operations bleaching of terry fabrics was investigated. Finishing process is aimed to be more ecological. In the study, different ozone gas flow rates experimented on cotton towels in different samples in four different weight and occurred on samples at different ozonation time for being hydrophilic status were examined with the experimental studies. The sizing removed samples were analyzed by laboratory studies on the effectiveness of ozonation color removal on terry fabric. Raw cotton terry cloth on enzymatic scouring and hydrogen peroxide bleaching are made. All transactions made with ozone technology were compared with conventional methods. Whiteness occurred on the cotton terry fabric samples with ozonation process were investigated. At the end of the 9 months waiting period measured degree of whiteness of the samples was observed decrease of approximately 12%. As a result, the same results have been made transactions with chemical materials as cotton towel fabric finishing with ozone technology has been even better results. It was understood that in most areas of the textile ecological and economic solutions will ve provided if many ozone is supported with the new methods.

**KEYWORDS: OZONE, COTTON, TERRY FABRIC, HYDROPHILITY,  
BLEACHING, ECOLOGICAL**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
SEMBOL LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
2.1 Pamuk Liflerinin Tarihçesi.....	3
2.1.1 Pamuk Elyafının Kökeni.....	3
2.1.2 Pamuk Yetiştirici Ülkeler .....	4
2.1.3 Dünya’da ve Türkiye’de Pamuk Üretimi ve Ticareti.....	4
2.2 Pamuk Elyafının Özellikleri.....	5
2.2.1 Pamuk Elyafının Fiziksel Özellikleri .....	5
2.2.1.1 Pamuk Elyafında Nem Alma Özelliği .....	7
2.2.2 Pamuk Elyafının Kimyasal Özellikleri.....	8
2.2.2.1 Pamuk Elyafının Kimyasal Yapısı .....	8
2.2.2.2 Pamuk Elyafına Çeşitli Maddelerin Etkisi.....	10
2.3 Pamukta Terbiye İşlemleri .....	14
2.4 Pamuk Elyafının Kullanım Alanları .....	15
2.5 Havlu ve Havlu Kumaş Özellikleri.....	17
2.5.1 Havluların Temel Özellikleri ve Sınıflandırılması.....	17
2.5.2 Havlu Üretimi .....	20
2.5.2.1 Havlu Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	20
2.5.2.2 Havlu Üretiminde Kullanılan İplik Özellikleri.....	20
2.5.3 Havlu Üretim Prosesleri .....	21
2.5.4 Türkiye’de Havlu Üretimi ve Dış Ticareti.....	22
2.5.4.1 Ev Tekstili İhracatı.....	23
2.6 Ozonun Özellikleri, Eldesi ve Reaksiyonları .....	24
2.6.1 Ozon Nedir?.....	24
2.6.2 Ozonun Keşfi ve Tarihçesi .....	25
2.6.3 Ozonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	27
2.6.4 Ozonun Doğada Oluşumu ve Ozon Gazı Üretimi.....	28
2.6.5 Ozonlama İşlemlerinde Etkin Olan Parametreler .....	29
2.6.5.1 pH.....	29
2.6.5.2 Sıcaklık.....	29
2.6.5.3 Mekanik Karıştırma .....	29
2.6.5.4 Ozon Dozajı.....	30
2.6.5.5 Süre .....	30
2.6.6 Ozonun Kullanım Alanları.....	30
2.6.7 Ozonun Tekstilde Kullanımı.....	31
2.7 Önceki Çalışmalar .....	32
3. MATERYAL ve METOD .....	47
3.1 Materyal .....	47

3.1.1	Deneysel Kumaşlar.....	47
3.1.2	Tekstil Yardımcı Kimyasal Maddeleri .....	48
3.1.3	Kullanılan Cihazlar.....	51
3.2	Metod.....	53
3.2.1	Pamuk Havlu Dokuma Kumaşlara Haşıl Sökme İşlemi Olarak Ozonlanma ve Konvansiyonel Yöntemlerin Uygulanması.....	53
3.2.1.1	Ozonlama ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulanması.....	53
3.2.1.1.1	Numunelerin Hazırlanması:.....	55
3.2.1.1.2	Değişken parametreler: .....	56
3.2.1.2	Konvansiyonel Yöntem ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulanması .....	57
3.2.1.3	Pamuk Havlu Kumaşa Konvansiyonel Yönteme Göre Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşleminin Uygulanması.....	59
3.2.1.4	Ozonlama ve Konvansiyonel Ağartma Deneyle Sonrası Testlerin Uygulanması .....	60
3.2.1.5	Ozonlanmış Pamuk Havlu Kumaşların Su Emiciliği Derecesi Ölçümleri .....	61
3.2.1.6	Ozonlanmış Pamuk Havlu Dokuma Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Derecesi Ölçümleri.....	61
<b>4.</b>	<b>BULGULAR.....</b>	<b>65</b>
4.1	Ozonlama ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulamasına Bağlı Hidrofilite Test Sonuçları.....	65
4.1.1	350 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	67
4.1.2	400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	68
4.1.3	450 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	70
4.1.4	500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	71
4.1.5	350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajlarında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	73
4.1.6	400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Farklı Nem Oranları ile Nemlendirilmiş ve Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları.....	74
4.1.7	350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Konvansiyonel Yöntem İle Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	75
4.2	Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasına Bağlı Renk Ölçüm Test Sonuçları .....	77
4.2.1	350 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	79
4.2.2	400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde	



Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	81
4.2.3 450 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	83
4.2.4 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	85
4.2.5 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajlarında Havlu Kumaş Numuneleri Üzerinde Hidrojen Peroksit Ağartma İşlemi Sonucunda Ölçülen Beyazlık Değerlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	87
4.3 Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulanmış Numunelerin Zamana Bağlı Beyazlık Derecesi Değişim Sonuçları .....	89
4.3.2 400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	93
4.3.3 450 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	94
4.3.4 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	96
4.3.5 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları .....	97
4.4 Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	99
4.4.1 350 g/m <sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları .....	102
4.4.2 400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları .....	103
4.4.3 450 g/m <sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları .....	104
4.4.4 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları .....	105
4.4.5 Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları .....	106
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>107</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>110</b>
<b>7. EKLER .....</b>	<b>116</b>
EK A Ozon Makinasının Çalıştırılması: .....	116
EK B Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Aşındırma Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	121

B.1 Ozonlanmış Pamuk Havlu Dokuma Kumaşların Aşınma (Sürtünme) Mukavemeti Derecesi Ölçümleri .....	121
B.2 Aşınma mukavemeti testlerinin değerlendirilmesi .....	122
B.3 Dönerek Aşındırma Metodu.....	123
B.4 Martindale aşınma mukavemeti testi .....	124
<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>129</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 2.1: En çok pamuk üretilen 10 ülke (milyon metrik ton) [11].....	4
Şekil 2.2: Pamuk lifinin enine ve boyuna kesit görüntüsü [41] .....	7
Şekil 2.3: Pamuk Kullanım Alanları (Havlu ve Nevresim Takımı) .....	15
Şekil 2.4: Pamuk Kullanım Alanları ( Öorme giysi, havlu ve peçetelikler) .....	16
Şekil 2.5: Pamuk Kullanım Alanları (Üst Giyim) .....	16
Şekil 2.6: Pamuktan İmal Edilebilecek Kumaşlar ( Poplin, Saten, Kadife).....	17
Şekil 2.7: Havlu şematik gösterimi [48] .....	18
Şekil 2.8: Havluların sınıflandırılması [47].....	19
Şekil 2.9: Hav çeşitleri [47].....	21
Şekil 2.10: Aylık bazda 2014 yılı ile karşılaştırmalı 2015 yılı ihracat değerleri ( milyon dolar) .....	22
Şekil 2.11: Ürün Grupları Bazında Ev Tekstil İhracatı [25] .....	24
Şekil 2.12: Oksijen ve Ozon Molekülü [35].....	25
Şekil 2.13: Ozonun moleküler yapısı [22] .....	27
Şekil 3.1: Pamuk havlu kumaşın cam fanus içerisinde ozonlanması işleminin solid works simulasyon çizim görüntüsü- 1.....	54
Şekil 3.2: Pamuk havlu kumaşın cam fanus içerisinde ozonlanması işleminin solid works simulasyon çizim görüntüsü- 2.....	55
Şekil 3.3: 350 g/m <sup>2</sup> numune .....	58
Şekil 3.4: 400 g/m <sup>2</sup> numune.....	58
Şekil 3.5: 450 g/m <sup>2</sup> numune .....	58
Şekil 3.6: 500 g/m <sup>2</sup> numune .....	58
Şekil 3.7: Pamuklu kumaş ağartma reçete diyagramı.....	59
Şekil 4.1: 350 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği .....	67
Şekil 4.2: 400 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği .....	68
Şekil 4.3: 450 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği .....	70
Şekil 4.4: 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği .....	71
Şekil 4.5: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği .....	73
Şekil 4.6: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin konvansiyonel yöntem ile haşılı sökülmiş havlu kumaş numunelerin belirlenen hidrofilite değerleri için ölçülen batma Süresine göre batma süresi değişim grafiği.....	76
Şekil 4.7: CIELab Renk Uzayı [1].....	77
Şekil 4.8: 350 g/m <sup>2</sup> gramajında haşılı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği .....	80
Şekil 4.9: 400 g/m <sup>2</sup> gramajında haşılı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği .....	82

Şekil 4.10: 450 g/m <sup>2</sup> gramajında haşılı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği .....	84
Şekil 4.11: 500 g/m <sup>2</sup> gramajında haşılı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği .....	86
Şekil 4.12: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajlarında havlu kumaş numuneleri üzerinde hidrojen Peroksit ağartma işlemi sonucunda ölçülen beyazlık değer grafiği .....	88
Şekil 4.13: 350 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği .....	91
Şekil 4.14: 400 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği .....	93
Şekil 4.15: 450 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği .....	94
Şekil 4.16: 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği .....	96
Şekil 4.17: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numunelerin hidrojen peroksit ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği.....	98
Şekil 4.18: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajlarında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği .....	101
Şekil 4.19: 350 g/m <sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği.....	102
Şekil 4.20: 400 g/m <sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği.....	103
Şekil 4.21: 450 g/m <sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği.....	104
Şekil 4.22: 500 g/m <sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği.....	105
Şekil 4.23: Konvansiyonel yöntemle göre haşılı sökülmiş 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> gramajında numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği .....	106
Şekil A. 1: Havalandırma Kontrolü .....	117
Şekil A. 2: Soğutma su vanası açma-kapama butonu .....	117
Şekil A. 3: Su akış kontrolü.....	117
Şekil A. 4: Oksijen tüpü açma-kapama vanası.....	118
Şekil A. 5: Gaz akış oran ayarı yapılıdır .....	118
Şekil A. 6: Ozon Jeneratörü .....	118
Şekil A. 7: Ozon aplikasyon alanı .....	119

Şekil A. 8: Ozon gazı akış göstergesi .....	119
Şekil A. 9: Numune ozonlama alanı .....	119

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1: Pamuk Elyafının Önemli Fiziksel Özellikleri .....	5
Tablo 2: Ham Havlu Kumaş'tan Haşıl Sökülmesi için Kullanılan Enzimin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	48
Tablo 3: Pamuk ve Pamuk Karışımları İçin Biyolojik Pişirme ve Haşıl Söküm Enzimi Özellikleri ve Uygulama Alanları.....	49
Tablo 4: Dispergatorün Özellikleri ve Uygulama Alanları.....	50
Tablo 5: Dispergatorün Genel Özellikleri.....	50
Tablo 6: Yırtılma Mukavemeti Kapasitesi (mN).....	63
Tablo 7: Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Çizelgesi .....	65
Tablo 8: Farklı Nem Oranları ile Nemlendirilmiş ve Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süre Çizelgesi.....	74
Tablo 9: Konvansiyonel Yöntem İle Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Çizelgesi.....	75
Tablo 10: 350 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi.....	79
Tablo 11: 400 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi.....	81
Tablo 12: 450 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi.....	83
Tablo 13: 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi.....	85
Tablo 14: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajlarında Havlu Kumaş Numuneleri Üzerinde Hidrojen Peroksit Ağartma İşlemi Sonucunda Ölçülen Beyazlık Değer Çizelgesi.....	87
Tablo 15: Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulanmış Numunelerin Zamana Bağlı Beyazlık Derecesi Değişim Sonuç Değer Çizelgesi.....	89
Tablo 16: 350, 400, 450, 500 g/m <sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişim Çizelgesi.....	97
Tablo 17: Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının Çizelgesi.....	100
Tablo B.1: Uygulanacak Baskı Miktarının Numune Birim Alan Kütle Değişim Tablosu.....	123
Tablo B.2: Aşındırma Hareketi Sayısına Karşı Kütle Kaybını Gösteren Tablo.....	126
Tablo B. 3: Ozonlanmış Numunelerin Farklı Aşındırma Devirlerine Göre Meydana Gelen Kütle Kaybının Gram Cinsinden Gösterildiği Tablo.....	127

## SEMBOL LİSTESİ

<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	:	Hidrojen Peroksit
<b>Na<sub>2</sub>OCl</b>	:	Sodyum Hipoklorit
<b>NaClO<sub>2</sub></b>	:	Sodyum Klorit
<b>g</b>	:	Gram
<b>g/m<sup>2</sup></b>	:	1 m <sup>2</sup> 'deki gram olarak ağırlığın değeri
<b>g/sa</b>	:	1 saatte gram cinsinden madde miktarı
<b>cm</b>	:	santimetre
<b>°C</b>	:	Derece santigrat
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	:	Özkütle
<b>(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub></b>	:	Selüloz genel formülü
<b>α</b>	:	Alfa simgesi
<b>β</b>	:	Beta simgesi
<b>C</b>	:	Karbon
<b>C-C</b>	:	Karbon – Karbon bağları
<b>NaBO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O</b>	:	Sodyum perborat tetra hidrat
<b>O</b>	:	Oksijen atomu
<b>O<sub>2</sub></b>	:	Oksijen molekülü
<b>O<sub>3</sub></b>	:	Ozon molekülü
<b>Nm</b>	:	Numara metrik
<b>eV</b>	:	Değeri yaklaşık 1.6 x 10 <sup>-19</sup> J olan enerji
<b>°A</b>	:	Molekül atom bağ açısı
<b>CAS</b>	:	Kimyasal kayıt numarası
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	:	Miligram / metreküp
<b>UV</b>	:	Ultraviyole
<b>CD</b>	:	Corona Deşarj
<b>®</b>	:	Tescil (registered)
<b>mN</b>	:	Yırtılma mukavemet birimi
<b>ppm</b>	:	Milyonda bir birim
<b>KOİ</b>	:	Kimyasal oksijen ihtiyacı
<b>DOC</b>	:	Çözünmüş organik karbon
<b>COD</b>	:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
<b>TOC</b>	:	Toplam organik karbon
<b>ml/dk</b>	:	Dakikadaki mililitre miktarı
<b>mg/dk</b>	:	Dakikadaki miligram miktarı
<b>l/dk</b>	:	Dakikadaki litre miktarı
<b>ppb</b>	:	Milyarda bir birim
<b>Ca<sup>+2</sup></b>	:	Kalsiyum (İyonize)
<b>Mg<sup>+2</sup></b>	:	Magnezyum (İyonize)
<b>Fe<sup>+2/+3</sup></b>	:	Demir (İyonize)
<b>mPa.s</b>	:	Mili Paskal saniye
<b>NaOH</b>	:	Sodyum Hidroksit
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>KI<sub>2</sub></b>	:	Potasyum iyodür
<b>g/lt</b>	:	Litredeki gram miktarı
<b>TS 866</b>	:	Türk Standardı Kasarlı pamuklu tekstil

<b>X, Y, Z</b>	:	mamullerini su emme özelliğinin tayini
<b>a*</b>	:	Tristimulus (Rengin sayısal değerleri)
<b>b*</b>	:	Renk uzayında kırmızı renk eksenini
<b>L*</b>	:	Renk uzayında mavi renk eksenini
<b>h</b>	:	Renk uzayında beyaz renk eksenini
<b>C*</b>	:	Renk uzayında dönme açısı
<b>CIE</b>	:	Nötral noktadan uzaktaki bir nokta (kroma)
	:	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu



## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimim boyunca, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman katkıda bulunan, destekleyen, çalışmam konusunda moral ve azim veren, çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Yıldray TURHAN'a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan sayın Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN'e ve laboratuvarında yardımlarını esirgemeyen akademik ve idari kadroya teşekkür ederim.

Çalışmalarımın temelini oluşturan numune havlu kumaşlarımın temini konusunda desteklerini esirgemeyen ALTINBAŞAK TEKSTİL A.Ş.'den Ramazan Bey'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca laboratuvar çalışmalarım konusunda imkanlarından faydalanmamı sağladığı için YÜNSA Yünlü Kumaş Üretim İşletmesi çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca her türlü numune, kimyasal temini ve proses iş akışı konusunda yardım ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Enis İlker KÖSE, Memet DANACI, Ertekin YAZAR, Özlem DEMİR, Mehmet Ulaş KOYUNCUOĞLU, Şeyda KEÇECİOĞLU, Çetin Murat ÇAKAN'a ve can dostlarım Habibe Gülben ÜLGEN ve Oya KORALAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca her zaman varlıklarını yanımda hissettiğim, tüm zor zamanlarımda varlıklarının bilinciyle ayakta kalabildiğim, en büyük destekçilerim ve tüm başarılarımı, mutluluklarımı hediye ettiğim canım annem Filiz SOYDAŞ, canım babam Ramiz SOYDAŞ ve canım abim Yavuz SOYDAŞ'a canı yürekten teşekkür ederim.

## 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze en fazla kullanılan liflerden biri olan pamuk; tekstilde geniş bir kullanım alanı sahiptir. Pamuk elyafı tekstil sanayiinde ham madde olarak kullanılmaktadır. Pamuk elyafı hijyenliğinin, vücutla temasının iyi olması, vücutta rahatsızlık oluşturmaması, vücutta sağladığı konforun iyi olması ve sağlıklı bir elyaf olması gibi özellikleri sebebiyle değerlidir. Su, ter, nem gibi ıslaklık oluşturuvcu etkenleri bünyesine çok iyi çekip, dışarıya ıslaklık hissettirmemedeki başarısı da kullanım açısından değerini arttırır.

Pamuk, başlıca iç giyim, üst giyim, endüstride olmak üzere tekstilin birçok alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ev tekstil ürünleri de pamuk elyafı kullanımı da önemli bir değere sahiptir. (T.K.A.M. (Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi) Tekstil Teknolojisi Elyaf'tan Kumaş'a Cilt 2 syf: 321 – 337)

Ocak-Haziran 2015 döneminde ev tekstili ihracatı ürün gruplarına göre incelendiğinde, en dikkat çeken ürünlerin havlu ve temizlik bezleri olduğu görülmektedir. Belirtilen dönemde ev tekstili ihracatının %36'sını havlu ve temizlik bezleri ihracatı oluşturmaktadır. Dolayısı ile ev tekstil ürünlerinde önemli bir paya sahip olan havlu kumaş üretiminde, proseslerinin iyileştirilmesi, daha çevreci ve ekonomik olacak şekilde üretim operasyonlarının tamamlanması çok önemlidir. (www.itkib.org.tr)

Havlu üretimine ait tüm üretim işlemleri genel olarak iplik, dokuma ya da örme, terbiye ve konfeksiyon aşamalarından oluşmaktadır. Kumaşın dokunması sırasında çözgü ipliklerinin mekanik zorlanmalara karşı dirençli olabilmesi ve iplik kopuşlarının azaltılabilmesi için çözgü ipliklerinin haşılama işlemine tabii tutulması gerekmektedir. Haşıl maddeleri hidrofob karaktere sahiptir, tekstil lifi esaslı materyallere sert ve dökümlülüğü düşük bir tutum verir. Haşıl sökme işlemi sonucunda liflere hidrofil özellik kazandırılır ve mamulün sertliği giderilmiş olur.

Pamuklu yüzeyler ham halde sarımtırak bir renge sahiptirler. Beyaz olarak kullanılacak kumaşlarda boyanacak ve baskı işlemi uygulanacak mamullerin

ağartılması gerekmektedir. En önemli pamuk ağartma maddeleri ise  $H_2O_2$ ,  $Na_2O_2$ ,  $NaOCl$ ,  $NaClO_2$ 'dir. (<https://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2012/12/pamuklu-mamulu-hidrojen-peroksit.html>)

Son yıllarda doğal kaynakların korunumu ve endüstriyel ölçekli üretimde çevre dostu üretim yöntemlerinin geliştirilmesi gerekliliği araştırmacıları zararlı kimyasalların kullanılmadığı, az miktarda su tüketerek daha düşük işlem süre ve sıcaklıklarında aynı sonucun elde edilebileceği proseslerin aranmasına zorlamıştır. M. Prabakaran & J. Venkata Rao, (2002), ham pamuk kumaşta bulunan haşılama maddesi, yağ, mum, pektin ve doğal renklendirici maddeler gibi kirliliklerin giderilmesi üzerine araştırmalar yapmışlardır. Yapılan bu çalışmalarda ozon kullanılarak pamuk elyafından elde edilen kumaşlarda haşıl sökme, yıkama ve ağartma işlemlerinin gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir. Ozon ile ham hazırlığın daha kısa sürelerde tamamlanabileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmada havlu kumaş üretim iş akışında da önemli bir yeri olan hidrofilleştirme ve ağartma işlemlerinin ozon teknolojisi kullanılarak yapılmış, etkileri incelenmiştir. 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramaj ağırlığına sahip olacak şekilde pamuk havlu kumaşlar üretilmiştir. 10 g/sa'lik kapasiteye sahip ozon jeneratörü ile ozonlama işlemleri yapılmıştır. İki farklı ozon gazı akış hızı seçilerek ozon gazının yoğunluğunun etkisi incelenmiştir. Ozonlama süresi olarak 5, 15, 30, 45 dakikalık işlem sürelerinin numune kumaşlar üzerinde meydana getirdiği etki gözlemlenmiştir.

Ham pamuklu havlu kumaş numunesi üzerinde ozonlama işlemi yapıldıktan sonra numune kumaşlar üzerinde hidrofilite testleri yapılmıştır. Geleneksel yöntemle göre enzimle haşılı sökülmüş numuneler ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Haşılı sökülmüş pamuk havlu kumaş üzerinde yapılan ozonlama işlemi sonrasında ise numunelerin spektrofotometre sonuçları alınarak geleneksel yöntemle göre hidrojen peroksitle ağartılan numunelerle karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre %25-30 oranında nemlendirilen pamuk havlu kumaş üzerinde istenilen hidrofilleştirme ve ağartma derecesine ozon teknolojisi ile ekolojik ve ekonomik bir şekilde erişilebilmektedir.

## **2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1 Pamuk Liflerinin Tarihçesi**

Tohum elyafı denilince akla ilk pamuk elyafı gelmektedir. Bitki tohumundan işlenerek elde edilmektedir. Pamuk elyafı toplam tekstil üretiminin üçte birinden çoğunu oluşturması sebebi ile son derece önemli bir değere sahiptir.

Pamuk kimyasal yapısı selüloz olan ve tekstilde son derece önemli bir yer tutan elyaf elde edilebilen bir bitkidir.

Pamuk elyafı 5000 yılı aşkın bir süredir tüm tekstil lifleri içerisinde dünyada en yaygın olarak kullanılan elyaftır.

Pamuk ve pamuk elyafı ile ilgili genel bilgiler şu başlıklar altında incelenmiştir:

- a) Pamuk elyafının kökeni,
- b) Pamuk yetiştiriciliği yapan ülkeler,
- c) Dünya’da ve Türkiye’de pamuk üretimi ve ticareti.

#### **2.1.1 Pamuk Elyafının Kökeni**

Pamuk elyafı, Gossypium ailesine üye pamuk bitkisinin tohumuna bağlı olarak bulunan doğal tek hücreli bir bitki tohumu elyafıdır.

### 2.1.2 Pamuk Yetiştirici Ülkeler

Dünya'nın dört bir yanında başta Çin Halk Cumhuriyeti olmak üzere, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri, Pakistan, Brezilya, Özbekistan, Türkiye önemli pamuk yetiştirici ülkelerdendir.

### 2.1.3 Dünya'da ve Türkiye'de Pamuk Üretimi ve Ticareti

Pamuk elyafı tekstilde kullanılmaya başlandığı ilk günden bu yana aranan bir tekstil hammaddesi olmuş, önemini her geçen gün arttırmıştır. Dolayısı ile pamuk lifinin üretimi devamlı artış göstermektedir. Şekil 2.1'de en çok pamuk üretilen ülkeler gösterilmiştir.

Sıra	Ülke	2009	2010	2011
1	 Çin Halk Cumhuriyeti	6,377,000	5,970,000	6,588,950
2	 Hindistan	4,083,400	5,683,000	5,984,000
3	 ABD	2,653,520	3,941,700	3,412,550
4	 Pakistan	2,111,400	1,869,000	2,312,000
5	 Brezilya	956,189	973,449	1,673,337
6	 Özbekistan	1,128,200	1,136,120	983,400
7	 Türkiye	638,250	816,705	954,600
8	 Avustralya	329,000	386,800	843,572
9	 Türkmenistan	220,100	330,000	330,000
10	 Arjantin	135,000	230,000	295,000
—	<i>Dünya</i>	19,848,921	22,714,154	24,941,738

Kaynak: BM Gıda ve Tarım Örgütü [1]

Şekil 2.1: En çok pamuk üretilen 10 ülke (milyon metrik ton) [11]

Son yıllarda tarım arazilerinin çeşitli şekillerde başka amaçlarla kullanılması ve üretilmesi daha kolay olan çeşitli yapay kaynaklı liflerin ortaya çıkması neticesinde pamuk üretimi oransal olarak azalmıştır. Fakat önemini hala devam ettirmesi ve tarım alanındaki gelişmeler sonucu birim alandan elde edilen ürünün

artış göstermesi sebebiyle pamuk üretim miktarında her geçen gün artış kaydedilmiştir. Pamuk elyafının üretimine paralel olarak tüketimi de artmaktadır.

## 2.2 Pamuk Elyafının Özellikleri

Pamuk elyafının özellikleri genel olarak iki şekilde incelenebilir:

1. Fiziksel özellikler,
2. Kimyasal özellikler.

### 2.2.1 Pamuk Elyafının Fiziksel Özellikleri

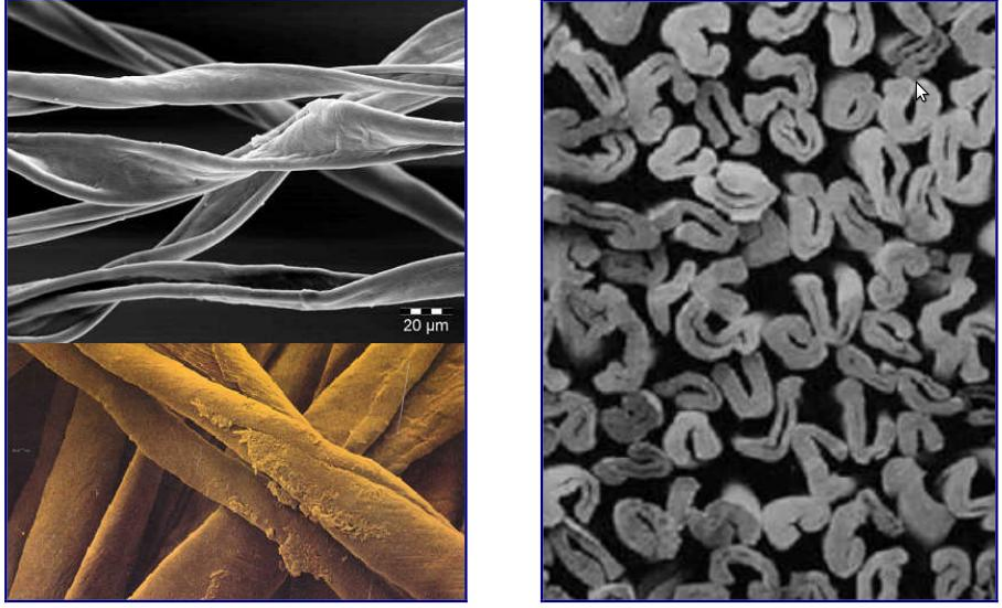
Pamuk, Dünya üzerinde elyafından en çok yararlanılan ve tekstilde en fazla kullanılan elyaftır. Bu gerçekler göz önünde bulundurulduğunda pamuk elyafının sahip olduğu fiziksel özelliklerin kullanım açısından iyi performans gösterdiği düşünülebilir.

Pamuk elyafının özellikleri, yetiştirildiği ortam şartlarına, yetiştirilme özelliklerine ve pamuğun türlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Tablo 1’de pamuk elyafının sahip olduğu önemli fiziksel özellikler genel hatları ile gösterilmiştir. Şekil 2.2’de pamuk lifinin enine ve boyuna kesit görüntüsü gösterilmiştir.

**Tablo 1:** Pamuk Elyafının Önemli Fiziksel Özellikleri

<b>Kriterler</b>	<b>Pamuk Elyafının Fiziksel Özellikleri</b>
<b>Mikroskopik görünüş</b>	Yassı, bükümlü hortum veya şeride benzer bir yapısı vardır. Bükümler yüzeye düzgün olmayan görünüm verirler. Böbrek ya da fasulye şekline benzeyen enine kesite sahiptir. Merkezinde lümen adında bir kanalı vardır.
<b>Uzunluk</b>	Elyafın boyu 10- 60 mm arasında değişir. 10 mm den kısa olanlar linter denir. 10-25 mm arası

	olanlara kısa kesikli lif; 35 mm den uzun olanlar uzun kesikli lif olarak sınıflandırılır.
<b>İncelik</b>	12-45 $\mu$ arasında değişir.
<b>Renk</b>	Çoğunlukla beyazdır. Krem ya da kahverengi gibi renklerde de olabilir.
<b>Parlaklık</b>	Doğal bir matlığı sahiptir. Parlaklığı merserizasyon işlemiyle artırılabilir.
<b>Mukavemet (kuru)</b>	Mukavemet 3 – 4,5 g/denye arasında değişir. Merserize olmayanlar orta dayanıklılıktadır. Merserize olan pamuk lifi daha dayanıklı olur.
<b>Mukavemet (yaş)</b>	Yaş haldeki bir pamuk lifinin mukavemeti % 10-20 arasında yükselir.
<b>Uzama Elastikiyeti</b>	Pamuktaki doğal bükümler vardır ve bu elastikiyeti arttırır. % 3 – 10 arasında uzama kabiliyetine sahiptir.
<b>Yaylanma</b>	Bu özelliği düşük olan bir lif türüdür.
<b>Nem alma</b>	Ham pamuk lifinde mum, yağ gibi maddeler mevcuttur. Bunlardan dolayı hidrofobdur. Hidrofil olması için bu maddelerin uzaklaştırılması gerekir. 20°C ve % 65 bağıl nem oranında % 8,5 civarında nem alır.
<b>Sıcaklık</b>	Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Ütüleme sıcaklığı olarak 230°C kısa süreli olarak kullanılabilir. Sıcaklık yükseldikçe kavrulur, sararmaya başlar ve dağılır. 100°C ye kadar sıcak suya dayanır 70 - 90°C de kurutulabilir.
<b>Alev alma</b>	Hemen alev alır, çabuk yanar, erimez..
<b>Statik elektrikleme</b>	Sorun yoktur.
<b>Pilling (boncuklanma)</b>	Sorun yoktur.
<b>Yoğunluk</b>	1,54 g/cm <sup>3</sup> .



Şekil 2.2: Pamuk lifinin enine ve boyuna kesit görüntüsü [41]

### 2.2.1.1 Pamuk Elyafında Nem Alma Özelliği

Pamuk elyafı normal şartlar altında % 8,5 civarında bir nem oranına sahiptir ve pamuk elyafının nem alma özelliği iyidir. Pamuk elyafı aldığı nemi biriktirmeden hemen ve düzenli bir şekilde dışarı bırakır, dolayısı ile kuruması da kolaydır. Pamuk elyafının kullanımı açısından bu özelliği çok önemlidir.

Pamuk elyafının yapısına bakıldığında yüzeyinin mum ve yağ tabakasından oluştuğu görülmektedir. Mum, yağ, pektin gibi maddeler su ve nem almazlar, bu durumda pamuk elyafının ham halde hidrofob, yani su itici özellikte olduğu ortaya çıkmaktadır.

Pamuk elyafını saran mum, yağ gibi maddeler çeşitli kimyasal işlemlerle uzaklaştırıldıktan sonra hidrofil yani su emici bir özellik kazanırlar.

Pamuk elyafının nemi hızlıca içerisine hapsedmesi ve sonrasında aldığı nemi kolayca vermesi dolayısı ile çabuk kuruması kullanımını artırması açısından avantaj sağlamaktadır. Serinletici bir etki yaratabilmektedir. Pamuktan yapılan giysilerde



insan vücudundaki terleme sonucu oluşan yaşlık hissi fark edilmeden ve kişiyi rahatsız etmeden emilir.

Sadece giysi üretiminde kullanılmayan pamuk lifi havlu kumaş üretiminde de oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Havlu kumaşların vücut üzerinden aldığı suyu kolayca kendi bünyesinde hapsedip ve sonrasında üzerinden uzaklaştırması, yani çabuk kurumaması istenilen bir özelliktir. Pamuk lifinden üretilen havlu kumaşların bu kullanım konforunu sağlayabilmesi için öncelikle iyi bir hidrofil yapıya sahip olması gerekmektedir.

### **2.2.2 Pamuk Elyafının Kimyasal Özellikleri**

Pamuk ve pamuk gibi selüloz esaslı elyafın özellikleri aşağıdaki faktörlere göre farklılık göstermektedir:

-Büyük molekül gruplarının yani makromolekülleri oluşturan yapıtaşları, bunları birbirine bağlayan bağlar, zincir uzunluğu, zincir yapısı, uç grupların cinsi, ortalama polimerizasyon derecesi,

-Makromoleküllerin elyaf içerisindeki yerleşimleri; yani kristalin ve amorf bölgeler, elyaf eksenine göre makromoleküllerin yerleşme şekli,

-Elyaf içerisinde bulunan yabancı maddeler ve miktarları.

Pamuk elyafının kimyasal özellikleri genel olarak iki açıdan incelenmiştir:

- 1) Pamuk elyafının kimyasal yapısı,
- 2) Pamuk elyafına çeşitli maddelerin etkisi.

#### **2.2.2.1 Pamuk Elyafının Kimyasal Yapısı**

Pamuk kimyasal olarak %80-90 oranında selüloz, %6-8 oranında ise sudan oluşur. Geri kalan yüzdeleri ise pektin, mumlu ve yağlı maddeler, protein ve kül oluşturmaktadır.

Sırası ile incelenecek olursa:

- a) Selüloz,
- b) Pektin,
- c) Mumlu ve yağlı maddeler,
- d) Protein,
- e) Kül

#### **2.2.2.1.1 Selüloz**

Bitkisel elyafın temel kimyasal yapısını selüloz oluşturmaktadır. Pamuk, keten, ramî, jüt, kenevir, sisal, abaka lifleri bitkisel liflere dolayısı ile selüloz yapısına sahip liflere örnek olarak verilebilir. Bitki hücre duvarının yapıtaşdır.

Genel formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$  olan bir polisakkarittir. Selülozun kimyasal yapısını, glikoz molekülleri birbirine eklenerek oluşturur. Uzun zincir formuna sahiptir.

Selüloz beyaz renge sahiptir, suda çözülmeyen karbonhidrattır.  $\alpha$  selüloz,  $\beta$  selüloz ve hidro selüloz olmak üzere üç şekilde reaksiyon gösterebilirler.

#### **2.2.2.1.2 Pektin**

Olgun bir pamuk elyafında ortalama olarak %0,6 – 1,2 arasında değişen miktarlarda pektin maddesi bulunmaktadır. Pektini elyaftan kesin olarak ayırmak ve miktarını saptamak zordur. Pektin primer çepere yerleşmiş olarak pamuğun kimyasal yapısında bulunmaktadır.

### **2.2.2.1.3 Mumlu ve Yağlı Maddeler**

Mumlu ve yağlı maddeler kloroform, karbon tetra klorit, benzen veya diğer organik çözücülerde çözünen maddelerdir. Olgun bir pamuk elyafında %0,6 oranlarında mumlu ve yağlı maddeler bulunmaktadır. Tohumdan elde edilen elyaf ise %14-17 oranında mumlu ve yağlı maddeler içermektedir. Bu mumlu ve yağlı maddelerin erime sıcaklığı 85 – 900 °C'dir. Ham pamuk elyafından eğirilmiş pamuk ipliğinde çoğunlukla mumlu halin muhafaza edildiği görölmektedir.

### **2.2.2.1.4 Protein**

Pamuk elyafında bulunan azot miktarı pamuğun çeşidine ve yetiştii şartlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Azotlu maddelerin hepsinin elyafta protein azotu halinde bulunduğu düşünölebilir. Protein özellikle elyafın lümen kısmında bulunmaktadır.

### **2.2.2.1.5 Kül**

Pamuk elyafının içerdii kül miktarı elyafın kalitesi üzerinde etkilidir. Elyafın kalitesi pamuğun içerdii kül oranının azlığına ve çokluğuna bağlıdır. Elyafta bulunan kül miktarı aynı zamanda pamuğun çeşidine ve yetiştii bölgenin toprak şartlarına göre değişiklik göstermektedir.

### **2.2.2.2 Pamuk Elyafına Çeşitli Maddelerin Etkisi**

Pamuk ve pamuğun yapıtaşı olan selöloz çeşitli kimyasal maddelere karşı çeşitli tepkiler göstermektedir. Pamuk elyafının kimyasal etkilere karşı göstermiş olduğu tepkilerin sıralaması aşığıdaki şekilde yapılmıştır;

- 1) Asitlerin pamuğa etkisi,
- 2) Bazların (alkalilerin) pamuğa etkisi,
- 3) Yükseltgen ve indirgen maddelerin pamuğa etkisi,

- 4) Suyun pamuğa etkisi,
- 5) Tuzların pamuğa etkisi,
- 6) Isının pamuğa etkisi,
- 7) Işının pamuğa etkisi.

#### **2.2.2.2.1 Asitlerin Pamuğa Etkisi**

Pamuk elyafı asitlerden kolayca etkilenebilmektedir. Asitler selüloz makromoleküllerinde bulunan glükoz yapıtaşlarını bağlayan oksijen köprülerini parçalayarak life zarar verirler. Sıcak seyreltik veya soğuk derişik asitler pamuk lifi üzerinde daha çabuk hasar bırakır ve lifin parçalanmasına sebep olur. İnorganik asitler daha çabuk etki eder. Soğuk ve seyreltik asitlerin pamuk lifi üzerindeki etkisi çok fazla değildir, pamuk lifine zarar vermezler. Mumu giderilmiş pamuk asitlerden daha çabuk zarar görür.

#### **2.2.2.2.2 Bazların (Alkalilerin) Pamuğa Etkisi**

Pamuk elyaflarının geneli bazlara karşı dayanıklıdır, zarar görmezler. Alkaliler pamuğu suya nazaran daha etkili ve çabuk bir şekilde şişirirler. Konsantrasyon arttığında intramiseller reaksiyon görülür ve elyafın yapısı değişmeye başlar. Hidroksil grupları alkali metalle yer değiştirir; böylece selüloz alkaliyi absorbtif kuvvetlerle tutar.

Bazlar selülozu şişirir. Bu ise alkali iyon çapına bağlıdır. Çap arttıkça şişme düşük olur. Selüloz lifi makromolekül zincir uzunluklarına göre bazların içerisinde az ve ya çok çözünürler. Bu çözünme sıcaklık düştükçe artar. Bazların etkinliğine bağlı olarak pamuk elyafları merserize edilebilir, rayon dokumalarda ise krep görünümü elde edilebilir.

Pamuk lifini hidrofily hale getirebilmek içinde bazlardan yararlanır. Sıcak bazik ön işlem ile pamuk lifinin su emiciliği arttırılır.

Pamuk lifi bazlara karşı dayanıklıdır. Ancak bazlar özellikle yüksek sıcaklıklarda selülozu hava oksijenine karşı hassas hale getirirler. Bu durum yükseltgenmesine neden olur ve aldehit grubu oluşur. Bu da lifin zarar görüp indirgen özellik göstermesine neden olurlar.

#### **2.2.2.2.3 Yükseltgen ve İndirgen Maddelerin Pamuğa Etkisi**

Yükseltgen maddeler kontrolsüz işlem koşullarında makromolekülleri parçalayarak pamuk elyafının zarar görmesine neden olur. Selüloz makromoleküllerinde glikoz yapıtaşında yükseltgenmeye elverişli çeşitli alkol grupları bulunmaktadır. Bu alkol gruplarının yükseltgenmesi ile karboksilli asit, keton meydana gelir ve oksiselülozlar oluşur. Yükseltgenme işleminin devam etmesi durumunda C-C bağları kopar, altılı halka açılarak esterselülozu oluşumuna kadar etki eder. Bu durumda makromoleküllerin parçalanması demektir.

Pamuklu mamullerin ağartılmasında kullanılan hipoklorit, klorit ve peroksit bileşiklerinin yükseltgen etkisinden yararlanılarak yapılabilmektedir.

Pamuk elyafı indirgen maddelerin geneline karşı dayanıklıdır. Ancak asit karakterde olan indirgen maddelerden zarar görür.

#### **2.2.2.2.4 Suyun Pamuğa Etkisi**

Uzun süre suda bırakılan pamuk lifleri şişer. Suyu tutma kapasitesi %50'dir. %65 nisbi rutubetteki ortamda %7 nem içerir. Ticari rutubet haddi %8,5'dur. Sıcak suda kaynatılan pamuk liflerinin direkt boyaları absorbe etme yeteneği azalır. Mukavemeti düşer. Su buharının da etkisi aynı şekildedir. Yaş halde doğal selüloz liflerinin kopma dayanımı artar. Rejenere selüloz elyaflarında ise, kısa olan makromolekül zincirleri birbiri üzerinden kayma gösterir, bu da, kopma dayanımının düşmesine yol açar.

#### **2.2.2.2.5 Tuzların Pamuğa Etkisi**

Tuzlar selüloz elyafını şişirecek şekilde etki ederler. Bazı tuzlar pamuk liflerini parçalar ve çözer. Bu noktada anyon çapı önemlidir. Alkali ve toprak alkali metal tuzlarının katyon çapı büyüdükçe, selülozu çözme yetenekleri azalır, anyon çapı arttıkça artar. Yani küçük katyon ve büyük anyondan oluşan tuzlar selüloza en fazla etkiyi gösterir.

#### **2.2.2.2.6 Isının Pamuğa Etkisi**

Selüloz esaslı lifler ısıya karşı oldukça dayanıklıdır. Ancak tutuşma sıcaklıkları 400°C olduğundan, kolay yanan liflerdir. 150°C'ye kadar hiçbir değişiklik olmadan işleme tabi tutulabilirler. Daha yüksek sıcaklıklarda makromoleküller parçalanmaya başlar. 200°C'nin üzerinde uzun süre kalırsa termik parçalanma nedeniyle ağırlık kaybı görülür. Bu sıcaklıklarda açığa çıkan gazlar yanıcı değildir. 350°C'den sonra piroliz hızı çok artar ve yanıcı gaz karışımı meydana gelir. Bu esnada bir kıvılcım tutuşmaya neden olur. 400°C 'nin üzerinde ise gaz karışımı kendiliğinden tutuşur. Pamuk çok hızlı yanar ve yanma ısısı çok düşüktür. Yanma çok hızlı gerçekleştiğinden açığa çıkan enerji fazladır. Pamukta için için yanma olayı dikkat edilecek bir özelliktir. Söndürüldüğü düşünülen yangınlarda, için için yanarak, tekrar yangına sebep olacaktır.

#### **2.2.2.2.7 Işığın Pamuğa Etkisi**

Güneş ışığına maruz kalan pamuk, ultraviole ışınlarının etkisiyle, hava oksijeni yardımıyla kimyasal değişikliğe uğrar ve mukavemetinden önemli ölçüde kaybeder. Keten ve pamuk gibi selüloz elyaflarının ağartılmasında eskiden beri gün ışığından yararlanılmıştır. Beyazlatmak amacıyla yazın güneş ışığı altında nemli halde iki hafta serili bırakılan pamukların mukavemetlerinde %50 oranında bir düşme olduğu gözlenmiştir. Boyama sırasında pamuğun devamlı suretle boya banyosu içinde kalması, su yüzeyinde hava ile temasa geçmemesi gereklidir. Aksi halde pamukta sarı-kahverengi arası lekeler meydana gelir. Bu bölgeler boya tutmaz ve mukavemette düşme olur.

### 2.3 Pamukta Terbiye İşlemleri

Pamuklu kumaşlar dokuma ve örme işleminden sonra son tüketiciye sunulmadan önce kimyasal terbiye işlemlerinden geçer. Bu işlemlerle kumaş üzerinde düzeltilmesi gereken kısımlar düzeltilir ve kullanışlı hale getirilir. Pamuklu kumaşlarda terbiye işlemleri şu sıra ile yapılmaktadır; 1)Yakma, 2) Haşıl sökme, 3) Pişirme ve Ağartma, 4) Merserizasyon, 5) Boyama ve Baskı, 6) Apre (Bitim İşlemleri).

- 1) Yakma: Dokuma tezgahından çıkmış pamuklu kumaşların yüzeyinde, ipliklerdeki liflerin serbest uçlarından dolayı ince bir hav vardır. Özellikle baskı yapılacak kumaşlarda düzgün bir yüzey istendiğinden; bu havın mutlaka giderilmesi gerekir. Bunun için kumaş yüzeyi yakma makinelerinde hafifçe yakılarak, tüyler giderilir.
- 2) Haşıl Sökme: pamuk iplikleri dokuma makinesine verilmeden önce atkı ve çözümlü iplikleri olarak ayrılırlar. Çözgü ipliklerinin dokuma işlemi esnasında maruz kalacağı etkilere dayanabilmesi ve kopmaların önlenmesi için nişasta ve diğer yumuşatıcı ve yapıştırıcı maddelerle haşillanır. Dokuma işlemi sonrasında bu haşıl maddesinin giderilmesi gerekir. Haşıl sökme işlemi, asitler, su ile bekletme, yükseltgen maddeler ve enzimlerle yapılır. Günümüzde en çok kullanılan ucuz ve tehlikesiz bir yöntem olan enzimle haşıl sökme yöntemidir.
- 3) Pişirme ve Ağartma (Kasar): Ham pamuk kumaş üzerinde %0,5 oranında bulunan yağ ve vakslar, pamuğun hidrofilliğini azaltmaktadır. Bu durumda diğer terbiye işlemlerinde abraja sebep olmaktadır. Dolayısı ile vaksların giderilmesi gerekmektedir. Bu uzaklaştırma işlemi pişirme ile yapılabilmektedir. Pişirme işleminin prensibi, bazik çözeltilerle pamuklu materyalin açık veya kapalı kaplarda kaynatılmasıdır. Kaynatma sırasında yağların bileşimindeki yağ asitleri, bazlarla sabun yapısında bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşiklerde vaksların, emülsiyon halinde çözeltilmeye geçmesini sağlarlar. Bu şekilde yağ ve vakslar su ile yıkanarak elyaf üzerinden uzaklaştırılır. Ağartma işlemi pişirme işlemi sonrasında yükseltgen maddelerle yapılır. Bu işlemde pamuğa renk veren maddeler, yükseltgenlerin etkisi ile bozunur ve renksizleşir. Böylece materyale renk

veren maddeler yıkama işlemi ile uzaklaştırılarak beyazlık arttırılır. Ağartıcı olarak sodyum hipoklorit  $\text{NaClO}$ , sodyumperborat  $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , hidrojen peroksit  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve sodyum klorit  $\text{NaClO}_2$  kullanılır.

- 4) Merserizasyon: pamuklu materyallerin soğuk derişik sodyum hidroksit çözeltisi ile kısa sürede muamele edilmesi işlemidir. Bu işlem ile pamuklu materyalin absorban özelliği artar. Nem ve boyayı daha kolay çeker. İşlem materyalin boyca ksalması önlenerek yani gerilerek yapılırsa, materyal parlaklık kazanır.
- 5) Boyama ve Baskı: Pamuklu materyalin renklendirilme işleminin yapıldığı adımdır. İşlemler düz boyama ve ya baskı ile desen uygulama şeklinde olabilmektedir. Bunun için direkt, reaktif, azoik, küp, kükürt boyarmaddeleri, baskıda da pigmentler kullanılır.

(<http://katalog.marmara.edu.tr/muyayinevi/YN687.pdf>- syf: 45-46)

## 2.4 Pamuk Elyafının Kullanım Alanları

Pamuk elyafı tekstilde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Pamuk; iç giyim, üst giyim, ev tekstilleri ve endüstride çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Pamuk lifleri örme mamullerde özellikle iç giyimde ve yazlık dış giyimlerde tercih edilir.



Şekil 2.3: Pamuk Kullanım Alanları (Havlu ve Nevresim Takımı)

Hijyenliğin, vücutla temasının iyi olması; vücutta rahatsızlık oluşturmaması ve doğal bir lif olması gibi sebepler yüzünden değerlidir.



Bebek çamaşırları, havlular, mendiller vb. mamullerde de pamuk elyafı önemli bir kullanım değerine sahiptir.

Su, nem, ter gibi ıslaklık oluşturucu etkenleri bünyesine çok iyi çekip, dışarıya ıslaklık hissettirmemedeki başarısı da kullanım açısından değerini artırır.

Pamuğun üst giyimde de özel bir yeri vardır.



**şekil 2.4:** Pamuk Kullanım Alanları ( Örne giysi, havlu ve peetelikler)

Üst giyim olarak; etek, bluz, gömlek, ceket, elbise, anorak, pantolon, spor giyim (blue Jean), yazlık giysilerin üretiminde pamuk yaygın olarak kullanılır.



**şekil 2.5:** Pamuk Kullanım Alanları (Üst Giyim)

Ayrıca orap, eşarp gibi giyim eşyası ve aksesuarlarda da pamuk kullanılmaktadır.

Ev tekstillerinde, özellikle döşemeliklerde, halı tabanlarında, yatak takımlarında masa örtüsü, peetelik ve kısmen de perde yapımında kullanılır.

Pamuk lifinden üretilebilecek kumaşlar ticari isimleriyle yazacak olursak, fitilli kadife, denim, düz kadife, saten, poplin, dantel v.b. geniş bir çeşitlilik gösterir.



**Şekil 2.6:** Pamuktan İmal Edilebilecek Kumaşlar ( Poplin, Saten, Kadife)

T.K.A.M. (Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi) Tekstil Teknolojisi  
Elyaf'tan Kumaş'a Cilt 2 syf: 321 – 337

## **2.5 Havlu ve Havlu Kumaş Özellikleri**

### **2.5.1 Havluların Temel Özellikleri ve Sınıflandırılması**

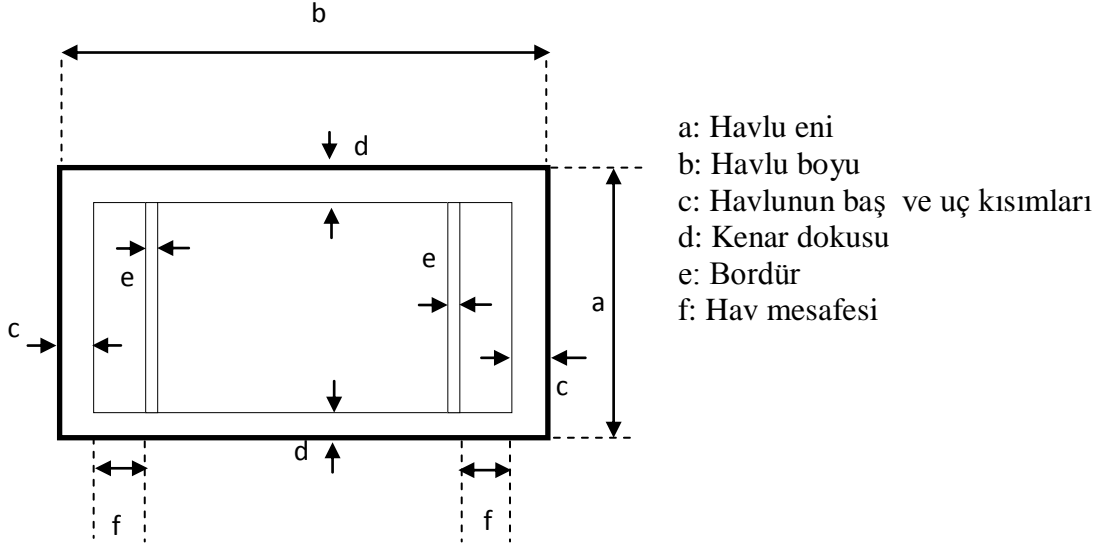
Kumaş yüzeyinde farklı bir görünüm elde etmek amacıyla yerleştirilmiş olan ilmek formundaki ipliklerin zeminden dışa doğru çıkması ile oluşturulan ve “hav” denilen yapıya sahip olan kumaşlara “havlı kumaşlar” denilmektedir. Battaniye, havlu kumaşlar ve halı bu sınıfa giren kumaşlardır. Söz konusu havları oluşturan ilmek başlarının kesilmesiyle ise kadife havlu kumaşlar üretilmektedir.

Havlular, farklı boy ve en ölçülerinde üretilebilen, tek ya da çift tarafında havlar bulunabilen, çoğunlukla kurulama amacı için kullanılan tekstil mamulleridir.

Havlu kumaş yapısında bir grup çözümlü ipliği kumaş yüzeyinde ilme ya da halkalar yaparak kumaş yüzeyinde yumuşak bir katman oluştururlar. Bu katman havlu kumaşların hacim kazanmasına ve kolayca suyu çekmesine yardımcı olmaktadır. Kumaş yüzeyine dik yönde oluşturulan bu ilmeler “Terry” ilmesi olarak isimlendirilmektedir. Kumaşın her iki yüzünde de ilme yapısı oluşturulabilir. İlme oluşturan iki dizi çözümlü ipliği ayrı bir leventten alınır ve kumaş yapısı içerisine ekstra iplik olarak ilave edilir.

Düz dokuma veya örme tekniği ile oluşturulan havlu kumaşların fiziksel özellikleri hemen hemen aynıdır. Havlular arasında farkı oluşturan özellikler

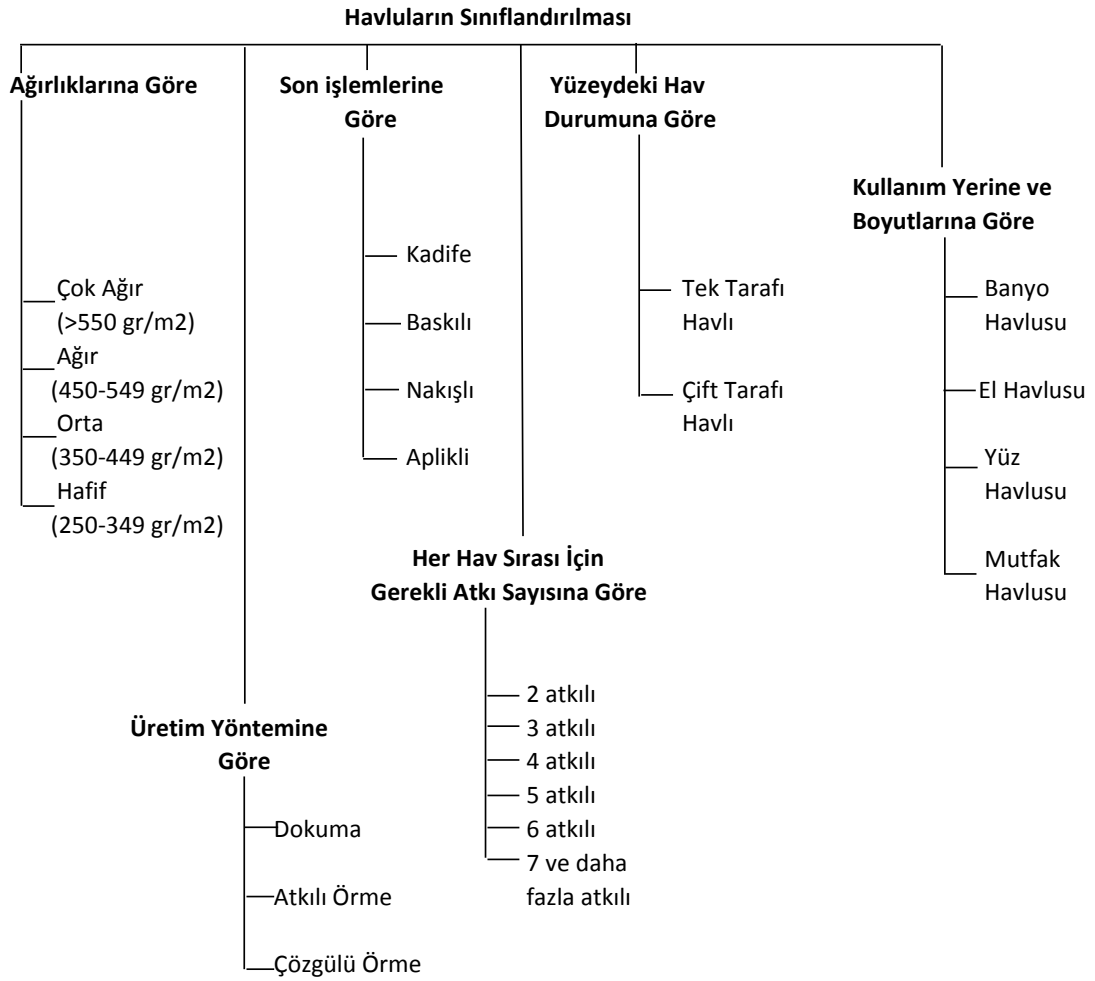
arasında kısa hav mesafesi, farklı bordür yapıları, hav verimi gibi terimler tanımlanabilmektedir. Şekil 2.7’de havlunun şematik çizimi ve kısımları gösterilmiştir.



Şekil 2.7: Havlu şematik gösterimi [48]

Şekilden de görüldüğü gibi havlular genellikle havlu eni, boyu, kenar örgüsü, kısa hav mesafesi baş, uç kısımları ve bordür gibi kısımları ile tanımlanmaktadır. Havlular genellikle iki uzun, iki kısa kenardan oluşmaktadır. Havluların çift ve ya tek taraflarında bordür bulunabilir.

Havluları gramajına, üretim yöntemine, gördüğü son işlemlere, ölçülerine, yüzeyindeki hav durumuna ve kullanım yerine göre sınıflandırılırlar. Belirtilen sınıflandırma Şekil 2.8’de gösterilmektedir.



**Şekil 2.8:** Havluların sınıflandırılması [47]

Şema incelendiğinde 3 veya 4 atkılı sistemle, çift tarafı bukile havlı olarak dokunmuş havluların en yaygın üretilen havlu kumaş türleri olduğu görülmektedir. Genele baktığımız zaman kadife yapıda üretilen havlular daha yumuşak olmalarına rağmen su emicilikleri daha düşüktür. Ayrıca çift yüzeyi havlarla kaplı olan havlu kumaşların su emiciliği de tek yüzeyi havla kaplı olan havlulara oranla daha yüksektir.

## **2.5.2 Havlu Üretimi**

### **2.5.2.1 Havlu Üretiminde Kullanılan Hammaddeler**

Havlu kumaşların iyi boyanabilme yeteneği, yüksek yaş mukavemet, yüksek hidrofilitte, yıkanabilirlik, yüksek renk haslığı, anti alerjik özellik, yumuşak tutum gibi özelliklere sahip olması gelmektedir. Bu özelliklerin tümünü pamuktan üretilmiş ipliklerle en verimli şekilde sağlayabilmek mümkündür. Dolayısıyla pamuk havlu kumaş üretiminde en çok tercih edilen lif türüdür.

Havlu üretiminde pamuğun yanı sıra modal, bambu, lyocell, soya, mısır, keten, deniz yosunu gibi liflerde üretim oranları pek yüksek olmamasına karşın kullanılmaktadır. Bambu lifi ise yumuşak, antibakteriyel ve yüksek emicilik düzeyine sahip olmasına karşın, üretim miktarı düşük olduğu için çok yaygınlaşmamıştır.

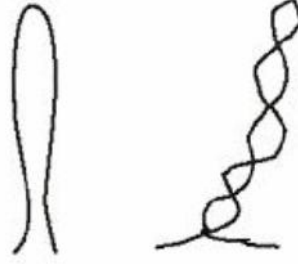
Sentetik ve sentetik karışımli ipliklerin havlu üretiminde kullanımı pamuğa oranla daha sınırlıdır. Özellikle sık yıkanması gereken otel havlularında nadiren zemin ve atkıda polyester/pamuk karışımı iplikler kullanılabilir. Bu sayede havluların hem sık yıkanabilir hem de yıkama işlemi sonrasında çekmezlik özelliğinin gelişmesi sağlanabilmektedir.

### **2.5.2.2 Havlu Üretiminde Kullanılan İplik Özellikleri**

Havlular üç iplik sistemi ile üretilir. Bunlar zemin çözgüsü, hav çözgüsü, ve atkı (bordür ve/veya havlı bölge için) iplikleridir. Bordür atkı ipliği bordürlü havlu üretilmek istediğinde kullanılır.

Zemin çözgü iplikleri havlu kumaş dokuma işlemi sırasında en fazla gerilime maruz kalmaktadır. Bu yüzden bu ipliklerin diğer ipliklere göre daha mukavim ve esnek olmaları gerekir. Bundan dolayı zemin çözgüsü için katlı ve bükülü iplikler tercih edilmektedir. Ancak son yıllarda haşıl teknolojisinde önemli gelişmeler iyi haşılanmış tek kat ipliklerinde kullanılmasını sağlamaktadır.

Hav çözgüsü için kullanılacak olan ipliklerin özellikleri bitmiş havlu kumaştan beklenen özelliklere en çok etki eden özelliklerdir. Hav çözgü ipliği olarak genellikle %100 pamuklu, tek veya çift katlı iplikler kullanılır. Katlı iplikler dik hav uçlarına sahip klasik havlularda; tek katlı iplikler spiral havlı havlu kumaşlarda kullanılmaktadır. Şekil 2.9’da iki tip hav yapısı görülmektedir. Çift katlı iplikler kullanılıyorsa ipliğe haşıl verilmesine gerek duyulmayabilir.



Şekil 2.9: Hav çeşitleri [47]

Seçilen atkı ipliği özellikleri hem havlu kumaşın kalitesine hem de dokuma verimine etki etmektedir. Bununla birlikte istenen gramaj ve sıklığın sağlanması için en uygun atkı ipliğinin kullanılması gerekmektedir. Havlularda bordür oluşturmak istenirse; fantezi örgülerle veya çok geniş bir aralıkta farklılık gösterebilen atkı iplikleriyle bu gerçekleştirilebilir. Oluşturulmak istenen bordür için şönil, polyester, ,rayon, viskon, merserize gibi farklı tip ve numarada iplikler kullanılabilir.

### 2.5.3 Havlu Üretim Prosesleri

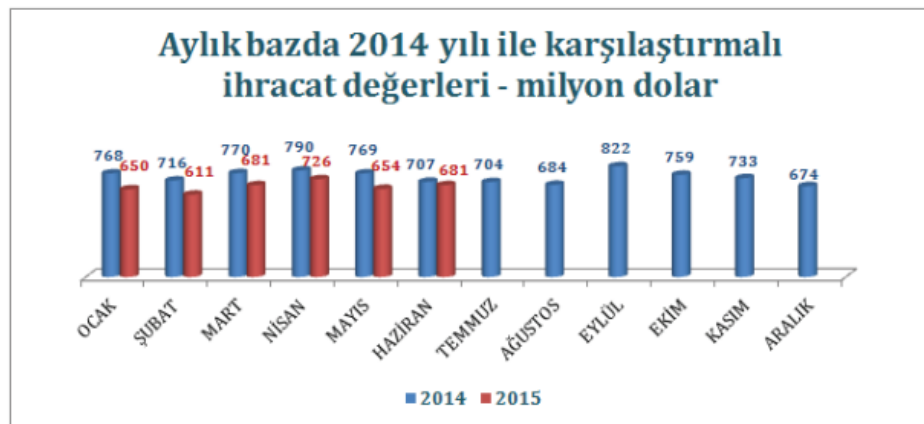
Havlu üretimi iplik, dokuma ya da örme, terbiye ve konfeksiyon aşamalarından oluşmaktadır. Havlu kumaş dokuma ya da örme için ring veya open-end iplik eğirme sistemlerinden elde edilen iplikler kullanılır. Bununla birlikte hav çözgü iplikleri “no-twist” gibi özel yöntemlerle de üretilebilmektedir. Bu ipliklerin hidrofilitesi yüksek olduğundan hav çözgüsü olarak kullanılırlar. No-twist yönteminde çok düşük bükümlü iplikler polivinil alkol (PVA) ile kaplanmakta, Bu ipliklerin dokuma sırasında oluşan yüksek gerilime dayanabilmesini sağlamaktadır. Dokuma sonrası bu kaplama maddesi özel işlemler ile uzaklaştırılabilmektedir.

Havlu kumaş üretiminde örme ve dokuma yöntemi kullanılabilir. Ancak genellikle dokuma yöntemi tercih edilmektedir. Lif türü olarak doğal lif esaslı iplikler tercih edilmektedir. Üretim sırasında ön terbiye önemli bir aşama olarak değerlendirilmektedir. Renklendirme için boyama ya da baskının her ikisi de kullanılabilir.

Kullanım yerleri nedeniyle havlu kumaşlar yüksek hidrofilite ve yumuşaklık derecesine, yüksek renk haslıklarına sahip olması gerekmektedir. Bu yüzden bitim işlemleri öncelikle bu özellikler dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Hidrofilleştirme, antibakteriyel apre işlemleri ve yumuşatma en çok uygulanan kimyasal bitim işlemleri; turban makinasında kurutma ve boyut stabilitesi ise en çok uygulanan mekanik bitim işlemleridir.

#### 2.5.4 Türkiye’de Havlu Üretimi ve Dış Ticareti

Tekstil ve konfeksiyon sektörü istihdam ve dış ticaret açısından ülkemizde en önemli sektörlerden biridir. Ancak son iki yıla ait verilere bakıldığında önemli bir gerilemenin olduğu görülmektedir. Şekil 2.10 incelendiğinde Türkiye’nin tekstil ve hammaddeleri ihracatı, 2015 yılının Haziran ayında %3,6 oranında gerileme ile 681 milyon dolar değerinde, Ocak-Haziran döneminde ise 2014 yılının aynı dönemine göre %11,6 oranında gerileme ile yaklaşık 4 milyar dolar değerinde gerçekleşmiş olduğu görülmektedir.



Şekil 2.10: Aylık bazda 2014 yılı ile karşılaştırmalı 2015 yılı ihracat değerleri ( milyon dolar)

Türkiye'nin genel ihracatı 2015 yılının Haziran ayında %6,4 oranında gerileyerek 11,7 milyar dolara düşmüştür. Bu dönemde aynı şekilde sanayi ürünleri ihracatı da %7,1 oranında gerilemiş ve yaklaşık 9,7 milyar dolar değerinde gerçekleşmiştir.

Haziran ayında 681 milyon dolar değerinde ihracat gerçekleştirilen tekstil ve hammaddeleri sektörünün genel ihracattaki payı ise %7'ye yükselmiştir.

#### **2.5.4.1 Ev Tekstili İhracatı**

2015 yılı Ocak-Haziran döneminde ev tekstili ihracatı bir önceki yılın aynı dönemine göre %18,8 oranında gerileyerek 843 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2015 yılı Haziran ayında ise ev tekstili ihracatı 147 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. Bu değer %8 oranında gerilemeye karşılık gelmektedir.

Ürün grupları bazında ev tekstili ihracatı 2015 yılı Ocak-Haziran dönemi Şekil 2.11'de incelendiğinde, en dikkat çeken ürünleri temizlik bezleri ve havlu olduğu göze çarpmaktadır. Bu dönemde havlu ve temizlik bezleri ihracatı toplam ev tekstili ihracatının %36'sını oluşturmaktadır. Gerçekleşen ihracat ise bir önceki döneme göre %13,1 oranında gerilemiş ve yaklaşık 304 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. Havlu ve temizlik bezleri ihracatı Haziran ayında ise %1,2 oranında yükselmiştir.

Ocak-Haziran 2015 döneminde ev tekstili ihracatında ikinci dikkat çeken ürün yatak çarşafıdır. Bu toplam ev tekstili ihracatının %27,2'sini oluşturmaktadır. Bu dönemde yatak çarşafı ihracatı %27,1 oranında gerilemiştir ve yaklaşık olarak 229 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir.



Ürün Grupları Bazında Ev Tekstili İhracatı							
Birim: 1.000 \$	2014	2015	Değişim	2014	2015	Pay	Değişim
	Haziran	Haziran		Ocak-Haziran	Ocak-Haziran		
Battaniyeler	3.904	3.139	-19,6%	34.700	21.534	2,6%	-37,9%
Yatak Çarşafı	53.264	43.023	-19,2%	314.222	228.918	27,2%	-27,1%
Masa Örtüleri	3.747	2.705	-27,8%	23.877	16.327	1,9%	-31,6%
Havlu ve Temizlik Bezleri	50.165	50.779	1,2%	349.507	303.650	36,0%	-13,1%
Perde ve Yatak Farbelaları	10.092	10.478	3,8%	66.686	59.148	7,0%	-11,3%
Yatak Örtüleri	513	288	-43,9%	3.009	2.599	0,3%	-13,6%
Diğer Mefruşat Eşyası	8.501	8.290	-2,5%	58.317	43.385	5,1%	-25,6%
Tüller ve İşlemeler	6.892	6.717	-2,5%	49.398	46.769	5,5%	-5,3%
Elişi Duvar Halıları	1	17	2891,3%	1	52	0,0%	5359,1%
Yastık, Yorgan ve Uyku Tulumu	5.102	5.735	12,4%	29.735	28.800	3,4%	-3,1%
Örme Bornozlar	3.796	2.713	-28,5%	25.902	20.253	2,4%	-21,8%
Dokuma Bornozlar	13.711	13.067	-4,7%	83.191	71.702	8,5%	-13,8%
<b>Toplam Ev Tekstili İhracatı</b>	<b>159.688</b>	<b>146.949</b>	<b>-8,0%</b>	<b>1.038.545</b>	<b>843.136</b>	<b>100%</b>	<b>-18,8%</b>

Kaynak: İhracatçı Birlikleri Kayıt Rakamları

Şekil 2.11: Ürün Grupları Bazında Ev Tekstil İhracatı [25]

## 2.6 Ozonun Özellikleri, Eldesi ve Reaksiyonları

### 2.6.1 Ozon Nedir?

Ozon, kimya alanında önemli çalışmaları olan Alman bilim insanı Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) tarafından 1840 yılında keşfedilmiştir. Yunancadaki “kokan” anlamına gelen “ozein” kelimesinden gelmektedir. Üç oksijen atomundan oluşmaktadır.. Doğal element olan ozon “Aktif Oksijen” olarak bilinmektedir. Ozon (O<sub>3</sub>) molekülü, üç adet oksijen atomunun birleşmesiyle oluşmuştur. Stabil olmayan bir yapıdadır. İçeriği simetrik açılara sahip bir moleküldür. (Duran et al, 2006a, www.airozon.com)

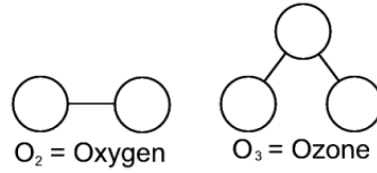
Ozon oda sıcaklığında gaz halindedir, renksizdir, kendine has bir kokusu vardır. Özellikle fırtınalı havalardan sonra, yüksek yerlerde veya deniz kıyısında etkili bir şekilde hissedilebilir. Zemin seviyelerine yakın yerlerde 10 milyon hava partikülü başına bir partikül O<sub>3</sub> (= 0.1 ppm = 200 µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonlarında duman şeklinde bulunur. 2000 metre yükseklikte ise çok fazla azalır ve 0.03 - 0.04 ppm seviyelerine düşer. (www.airozon.com)

Ozon sıcak ortamlara dayanıklı değildir. Bu yüzden böyle ortamlarda başka bir etki olmadan oksijene dönüşebilmektedir. Ozon parçalayıcı ve aşındırıcı bir

gazdır. Sıcaklığa karşı böylesine hassas olmasından dolayı saklanamaz ya da bir yerden başka bir yere taşınmaz. Doğrudan kullanılacağı ortamda üretilmelidir. (Iglesias, 2002, Bocci ve diğ.,2009)

Ozon bilinen mikrop öldürme ve koku giderme özellikleri bakımından en etkili gazdır. Ozon güneşin ultraviyole ışını ve yıldırım anında ortaya çıkan elektrik arkları sırasında oluşmaktadır. Dünyanın etrafında koruyucu kalkan görevini yerine getirir. Bu özelliği ile tüm canlıları güneşten gelen zararlı ışınlar (radyasyon etkisine) karşı korur.

Ozon ( $O_3$ ) ,oksijen ( $O_2$ ) molekülüne bir oksijen (O) atomunun eklenmesiyle oluşan renksiz, keskin kokulu bir gazdır ( $O_2+O_1=O_3$ ). Oksijen ve ozon molekülü Şekil 2.12’de gösterilmektedir. Ozon, oksijenin yüksek enerji taşıyan, aktif bir şeklidir. (www.airozon.com)



Şekil 2.12: Oksijen ve Ozon Molekülü [35]

### 2.6.2 Ozonun Keşfi ve Tarihçesi

Ozon 1840 yılında C. F. Schönben tarafından keşfedilmiştir. Yüzeysel ozon ölçümleri ise 1860 yılından itibaren birçok yerde yapılmaya başlanmıştır. Ultraviyole ölçümlerinin 1913 yılında yapılmaya başlanmasından sonra ozonun yoğun olarak stratosfer tabakası içinde olduğu belirlenmiştir. Bundan sonra ki ilk ozon gözlemleri 1920’li yıllarda gözlemlenmiştir. Düzenli ozon gözlemleri ise 1950’li yılların sonuna doğru başlamıştır. Ozonun bilimsel alanda faydalanma ise 1856 yılında ameliyathane dezenfeksiyonunda kullanılmasıyla başladı.

1860'da Monaco'da su dezenfeksiyonunda kullanıldı. Bakteri ve virüsleri öldürmesinin yanı sıra sudaki koku ve kötü tadı da ortadan kaldırdığı keşfedildi. Bu yüzden içme suyunda dezenfektan olarak kullanılmaya başlandı.

Nicola Tesla, ilk ozon jeneratörünü icat ederek 1900 yılında patentini aldı.

1909 yılında soğuk depolama özelliği keşfedildi. O yıllarda özellikle etlerin soğuk depolanması için kullanıldı.

Dr. Albert Wolf tarafından ozonun kangrenli yaraları iyileştirme özelliği keşfedildi ve 1915 yılında I. Dünya Savaşı sırasında bir çok yaralı askeri bununla tedavi etmeyi başardı.

1939 yılında ozonun meyvelerin depolanması sırasında oluşabilecek maya ve küfün yayılmasını önlediği belirlendi.

Dr. J. Hansler 1957 yılında medikal ozon jeneratörünü icat etti ve bunun patenti aldı.

Dr. Renate Viebahn ozonun vücuttaki etkileri üzerine çalışmalar yaptı ve 1977'de ozonun vücuttaki etkilerini bilimsel olarak açıkladı.

Ozon ilk defa 1979'da Dr. George Freibott tarafından AIDS hastalığı tedavisinde kullanıldı. Bu alanda ilk başarı ise 1980'de Dr. Horst Kief tarafından elde edildi.

Ozon, Rusya'da tıp alanında 1992'den beri yanık tedavilerinde kullanılıyor.

1998'den bu yana Türkiye'de Kızılay Altın-tepe Araştırma Hastanesi'nde ve bazı muayenehanelerde kullanılmaya başlandı.

Dave 1999 yılında transmisyon elektron mikroskobu ile sulu ozonda Salmonella enteritidis'e müdahale ettiğinde hücre membranlarının bozulduğunu buldu.

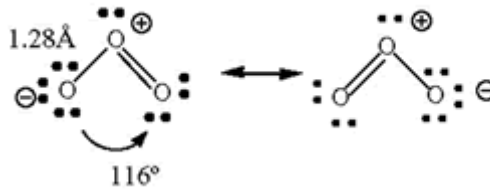
Ozon 2000 li yılların başından itibaren içme suyu dolun tesisleri ağırlıklı olmak üzere bir çok farklı türden fabrikada kendisine kullanım alanı buldu.

2005 yılından itibaren günlük yaşantımızın her alanında kullanılmaya başlandı. (www.airozon.com)

### 2.6.3 Ozonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Ozon organik ve inorganik bileşiklerle birçok kimyasal reaksiyona girebilen kuvvetli bir oksidandır. Ozonun molekül kütlesi 47.998 g'dır. Ozonun birçok kimyasaldan çok daha yüksek bir oksidasyon potansiyeli bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksitin oksidasyon potansiyeli 1,77 eV iken, ozon 2,07 eV ile florinden (3,06 eV) ve hidrosil radikallerinden (2,80 eV) sonra gelmektedir. Ozon gazının önemli bir özelliği de kendi hammaddesi olan oksijene kalıntı bırakmadan dönüşebilmesidir. (Iglesias, 2002, www.aflon.net, www.airozon.com)

Ozon, lineer olmayan triatomik bir moleküldür. Şekil 2.13'de gösterildiği gibi eşit uzunlukta (1,278Å) 2 oksijen bağına ve 116°49'luk ortalama bağ açısına sahiptir. Ozonun renksiz ve kararsız bir gazdır; -111,3°C'de koyu mavi bir sıvı haline dönüşür; -146°C'de açık mavi sıvı halini alır ve -220°C'de ise koyu mavi renk alıp kristalleşmektedir; normal koşullarda ise oksijene ayrışır. Ozon gazının 0,02 ppm den sonra keskin olarak kokusu hissedilir, yarılanma ömrünü tamamladıktan sonra ise koku kalmaz. Yanıcı değildir, ancak yanma olayını kuvvetli bir şekilde destekler. Ancak yüksek sıcaklıklarda demir, krom ya da bakır gibi elementlerin bulunduğu bir ortamda patlayıcı olabilir. Ozonun havada maksimum müsaade edilebilen ortalama konsantrasyonu 0,240 mg/m<sup>3</sup>tür. (Balousek, 1979, www.airozon.com)



Şekil 2.13: Ozonun moleküler yapısı [22]

Ozon, hava kirliliğini temizler ve ortamdaki kötü kokuları yok eder. Ozon çevredeki mikropları öldürür ve yine ortamdaki tozları çökertir. İnsanlara ferahlık ve

zindelik hissi verir. Ozonun en önemli özelliği, tamamen doğal çok etkili bir dezenfektan olmasıdır. Ozon hiç bir kalıntı bırakmaz, kimyasal bir bileşen değildir. Bu özelliği sayesinde ozon birçok yan etkisi bulunan diğer dezenfektanlardan çok daha sağlıklı ve çok daha ucuza mal edilebilir. Dolayısı ile ozon, birçok sektör için büyük önem taşımaktadır. (www.airozon.com)

#### **2.6.4 Ozonun Doğada Oluşumu ve Ozon Gazı Üretimi**

Doğada; Güneşten gelen mor ötesi ışınların atmosferdeki oksijeni parçalayarak ozon moleküllerini çevirmesi sonucu oluşur. Güneşin yüksek enerjili ultraviyole ışınlarının etkisiyle atmosferdeki oksijen molekülü parçalanır ve serbest oksijen atomu haline dönüşür. Serbest haldeki bu oksijen atomları daha sonra yine ultraviyole ışınlarının etkisiyle oksijen molekülüyle birleşir ve böylece ozon molekülünü oluştururlar. Güneşten gelen bu yüksek enerjili ultraviyole ışınları (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır.

Teknolojik elde edilişi, elektrik enerjisi yardımıyla veya yapay UV kullanımı ile havada bulunan oksijenin parçalanması yoluyla gerçekleşir. Bunun dışında saf oksijenden de elde edilebilir. Bu yöntemde ozon üretimi için 185 nm UV ışık üreten bir lamba kullanılır. Lambanın etrafından hava geçişi sırasında UV etkisi ile oksijen molekülleri oksijen atomlarına ayırır. Oluşan oksijen atomları stabil ve kararlı yapıda olmadıklarından oksijen molekülleri ile birleşerek ozonu oluştururlar. “Corona Discharge” (CD) yönteminde ise korona ile karakterize edilen bir elektrik deşarjı ile işlem yapılmaktadır. Elektrik alan yeterince güçlü olduğunda iletkenin etrafındaki akışkanın iyonizasyonu ile gerçekleşir.

Ara atomik oksijen radikallerinin meydana gelmesi Ozonun oluşmasının esasını oluşturmaktadır. Daha sonra moleküler oksijen ile bu radikaller reaksiyona girerek ozonu oluşturmaktadır. Dolayısıyla moleküler oksijeni, oksijen radikaline dönüştüren bütün işlemler ozon üretim reaksiyonu olma potansiyeline sahiptir. (Iglesias, 2002, Duran et al., 2006a, www.aflon.net, www.ozoneapplications.com)

## **2.6.5 Ozonlama İşlemlerinde Etkin Olan Parametreler**

Ozonlama sırasında etkili olabilecek faktörler mekanik karıştırma, pH, sıcaklık, ozon dozajı ve süre olarak sayılabilir. Tez çalışmaları kapsamında ise ozon dozajı ve sürenin ozonlama işlemi üzerindeki etkisi deneysel çalışmalar sonucunda incelenmiştir.

### **2.6.5.1 pH**

Ozonun materyal ile reaksiyonu pH bağımlı olarak gelişmektedir. Yapılan incelemelere göre pH 2 ve altında direkt reaksiyon pH 7 ve üzerinde ise indirekt reaksiyon oluşur, yüksek pH'larda ozonun daha hızlı bir şekilde bozunduğu bilinmektedir. Araştırmacıların bir kısmı ise pH değişimlerinin ozonlama işleminde çok etkin olmadığını, pH değişimi için ekstra kimyasal kullanmadan numunenin kendi pH değeri ile ozonlanmasında da etkili sonuç alınabileceğini savunmuşlardır.

### **2.6.5.2 Sıcaklık**

Artan sıcaklık ile ozon çözünürlüğü düşmektedir. Çözünürlüğün düşmesi etkisi ile ozonlamanın etkinliği azaldığı söylenemez çünkü sıcaklık artışı ile reaksiyon hızı da artmaktadır.

### **2.6.5.3 Mekanik Karıştırma**

Ozonlama işlemlerinin verimliliğini etkileyen en önemli faktör ozonun gaz fazından sıvı faza geçişi sırasındaki kütle transferidir. Renk giderimi için yapılan çalışmalarda rotor ile karıştırma yapılması sırasında rotor hızı arttıkça ozonlamanın renk giderme etkisinin arttığı belirtilmiştir (Wu ve Wang, 2001, Saunders ve diğ., 1983, Lin ve Liu, 2003)

Ozon gazının havadan daha ağır olması sebebiyle ozon gazı sürekli dibe çökme eğilimindedir. Dolayısı ile ozonlama işlemlerinde, uygulama alanında ozon

gazının temas etmesi gereken yüzeyle etkinliğinin arttırılabilmesi için dibe çöken gazın hareketlendirilmesi gerekmektedir. Buda karıştırma yöntemi ile veya ortama sürekli yeni ozon gazı beslenerek kendi hareketini sağlaması yöntemleri ile olabilmektedir.

#### **2.6.5.4 Ozon Dozajı**

Ozon dozundaki artış ozonlama etkinliğini arttırmaktadır. Numune ile etkileşime geçen ozon molekül sayısı arttıkça, ozonun temas yüzeyi üzerindeki etkinliği artmaktadır. Fakat ozon dozajında da belirli bir optimum nokta vardır. İstenilen etkiyi elde edebilmek için optimum noktasının belirlenmesinde daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi veya farklı ozon gazı akış hızlarında denemelerin yapılması gerekmektedir.

#### **2.6.5.5 Süre**

Ozonlama etkinliğinin ozon dozajı ya da ozonlama süresi arttıkça arttığı belirtilmektedir. Ozon ile temas süresinin artması etki etmek istenilen yüzey üzerinde meydana gelen etkinin artmasına sebep olmaktadır. İstenilen etkinin elde edilebilmesi için optimum çalışma süresinin belirlenmesi gerekmektedir.

#### **2.6.6 Ozonun Kullanım Alanları**

Ozon tarihte ilk keşfedildiği andan itibaren çok çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. İlk olarak ameliyathane dezenfeksiyonunda akabinde su arıtımında kullanılmıştır. Bugün ozon; bina dezenfeksiyonu, havuz hijyeni gıda işleme ve depolama, içme ve atık suların temizlenmesi, hayvancılık, tarım, tedavi ve koruma amaçlı tıbbi alanlarda kullanılmaktadır. (Eren ve Anış, 1998)

Organik ve sentetik bileşikler havada ve suda oluşan kötü kokuların temel kaynağıdır. Bunlar ozon ile okside olurlar ve böylece koku giderme için ozon etkili bir temizleyici görevi görür.

Ozonun bakterilerin dezenfeksiyonunda yüksek oksidasyon kuvveti önemli bir etkiye sahiptir. Şartlar aynı olduğunda ozonun dezenfeksiyon süresi, klorunkinden 3125 defa daha fazladır. Mevcut su arıtım yöntemleri virüslerin su şebekelerine geçmelerini önlemede yetersiz kalmaktadır.

Ozon gıda endüstrisinde et ve balık işleme tesislerinde yıkama ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu işletmelerde kullanılan tüm cihaz ve ekipmanların temizliğinde kullanılmaktadır. Ozon gıdaların üretim süreçleri ve depolanması sırasında ortamdaki bulaşan küf gibi mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını ve istenmeyen kokuların giderilmesini sağlamaktadır.

Ozon, yüzme havuzlarında dezenfektasyon amaçlı kimyasalların kullanımını % 80-90 azaltmaktadır. Bu oran, maliyette önemli azalma neden olmaktadır; insan ve çevre sağlığı açısından da oldukça fayda sağlamaktadır. (Duran ve diğ., 2006)

#### **2.6.7 Ozonun Tekstilde Kullanımı**

Tekstil sanayinde ozon teknolojisi ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Ozon gazı genel olarak denim sektöründe yıkama, eskitme ve desen oluşturma gibi efektlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür kullanım haricinde yaygın olarak kullanıldığı ya da rutin olarak yürütülen bir proses olduğu alan yoktur. Bu nedenle ozon ile ilgili yapılan tüm çalışmalar ozonun yaygınlaştırılması açısından oldukça önemlidir.



## 2.7 Önceki Çalışmalar

Ozon teknolojisinin yıllar içerisinde geçirdiği evreler ve gösterdiği teknolojik gelişmeler bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarla ortaya konulmaktadır. Ancak yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde havlu ve havlu kumaşlarla ilgili ozon teknolojisi kullanılarak yapılan çalışmalara pek rastlanmamıştır. Havlu ve havlu kumaşların günlük hayatta kullanım yerleri gittikçe artmakta, dolayısı ile bu konu ile ilgili yapılacak araştırmaların ve ilerlemelerin hem literatüre katkı hem de sektöre kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimelerine yönelik yapılan araştırmalar ve literatür taramasında önce pamuk, havlu ve havlu kumaş, ozon, ham pamuklu kumaş üzerinden haşılın sökülmesi işlemi, hidrofilite ve ağartma, ozon teknolojisinin kullanıldığı diğer alanlar ve tekstil uygulamaları ile ilgili konulara değinilmiş, bu başlıklar altında yapılan araştırmalar incelenmiştir.

Literatür taraması ile genel olarak pamuk kumaşların ozonlanma yöntemleri, ozon ile etkileşimi, ozonlama işlemine etki eden faktörler ve geleneksel yöntemle bu işlemlerin karşılaştırılması üzerinde durulmuştur.

Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen çalışmaların genellikle pamuklu bezayağı dokuma kumaşın ozonlanması üzerine olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra yalnızca pamuk lifi üzerinde değil polyester, tiftik keçi yünü, yün, ipek, polilaktik asit gibi lifler üzerinde ve çeşitli tekstil uygulama alanlarında atık su arıtımı, oligomer oluşumu engellenmesi, boyama verimi artırılması, ağartma, hidrofilleştirme gibi alanlarla bir çok çalışmaya rastlanmıştır.

Ozonun ön terbiye ve terbiye işlemlerinin etkileri ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar aşağıda kronolojik sıraya göre özetlenmiştir;

**Prabaharan ve diğ. (2000)** çalışmalarında ham pamuk kumaşın ağartılmasına odaklanmışlardır. Proses parametrelerini, ozon konsantrasyonunu ve işleme süresini özel deneysel ayar için optimize etmişlerdir. Optimize edilmiş prosesler, beyazlık derecesinin ağartılmış kumaş üzerinde değerlendirilmesi % mukavemet kaybı, uzamadaki değişimi, haşıl sökme ve mum giderme derecesi,

karboksil grup içeriği ve bakır numarası içeriği ölçülmüştür. 8 gram/saat kapasiteli ozon jeneratörü kullanılmıştır. Numune kumaşlar 7,5 x 30 cm olacak şekilde ayarlanmış, %80 oranında ıslak olarak, dikey bir vaziyette uygulama odasına alınmış ve belirli bir süre boyunca ozon/oksijen gaz karışımı ile gerekli konsantrasyonlarda ozona maruz bırakılmıştır. Ozonlanmış numuneler daha sonra 80°C'lik suda sabunlu su ile ve sonra soğuk su ile yıkanmıştır. Tüm numuneler kurutulup testten önce kondisyonlanmıştır. Aynı zamanda bu işlemler ham pamuk kumaşını ağartma işlemlerinde de kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada Prabaharan ve arkadaşları, ozon ile pamuklu kumaşın ağartılması işleminin mümkün olduğunu göstermek istemişlerdir. İşletme fabrikaları ile bu beyazlık derecesinin kabul edilebilirliğine karar verilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda işlem süresinde ve ozon konsantrasyonunda meydana gelen artış beyazlık derecesini artırmaktadır. Bunun yanında mukavemet kaybını da artırmaktadır. Bundan dolayı beyazlıkta istenen derecenin minimum mukavemet kaybı ile yapılabilmesi için ağartma işleminin yüksek ozon konsantrasyonunda ve düşük işlem süresinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çalışmalar sonucunda elde edilen bir diğer sonuç ise ozon ile ağartmada bal mumu giderme derecesi geleneksel yöntemle yapılan gidermeden daha az olmasıdır. Fakat damla su emme kapasitesinin kabul edilebilir derecede olduğu tespit edilmiştir.

**Prabaharan ve Rao (2001)** ozonun en güçlü oksitleme maddelerinden biri olduğunu ve organik maddelerin su ile birlikte atılması konusunda yüksek eğilim gösterdiğinden çalışmalarında bahsetmişlerdir. Ham kumaş ıslatılarak belirli bir oranda nem ihtiva ederken ağartıldığında ozon kullanımı ile kabul edilebilir derecede beyazlık elde edilebileceği belirtilmiştir. Bu prosesin selüloza minimum düzeyde mekanik ve kimyasal zarar vererek çok kısa sürede işlemi gerçekleşmesini sağladığı konusuna değinilmiştir. Bu çalışmada nemin varlığı, ağartma süresince pH'ın etkisi, ozon uygulama çemberinin dizaynı gibi konular incelenmiştir. Kullanılan malzemeler ozon jeneratörü, aplikatör ve ozon yok edicisi olmak üzere 3 bileşenden oluşmaktadır. 8 gram/saat kapasiteye sahip ozon jeneratörü kullanılmıştır. Farklı nem düzeylerine sahip olan ham pamuk kumaşları uygulama çemberine yerleştirilip gerekli olan ozon oksijen karışımına maruz bırakılmıştır. İşlemler oda sıcaklığında gerekli işlem süresi kadar yapılmıştır. Ham pamuk kumaşın nem alma çeşitliliği farklı sıkma basıncına sahip dolgulu silindirlere geçirilerek sağlanmıştır. Yapılan

deneyler sonucunda görülmüştür ki ozon konsantrasyonunun ve işlem süresinin artması selüloza verilen kimyasal ve fiziksel zararın artmasına neden olmuştur. Fakat kısa süreli uygulanan işlemlerde ozonun kimyasal ve fiziksel zararları minimuma indirilmiştir. Optimum nem miktarının artmasından sonra beyazlık derecesinde düşüşler gözlenmiştir. Belirli bir nem miktarına kadar, yaklaşık olarak %24 lük bir değer, beyazlık derecesi artış gösterirken nem miktarının artması sonrasında beyazlık derecesinde büyük ölçüde düşüş gözlenmiştir. Bu durumdaki asıl sebep ise selülozun su emme kabiliyetini içermektedir. Çalışma sonucunda pH değerinin 2'den 9'a kadar artmasında beyazlık oranının değişkenlik gösterdiğini ve azaldığını söyleyebiliriz. Diğer yandan pH değeri 12'ye geldiğinde ise hızlı bir şekilde beyazlık derecesinin düştüğü gözlenmiştir. Ham pamuklu kumaşın ozon ile ağartılmasında, nem miktarının ve pH değerinin çok önemli bir rol oynadığı bu çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. İstenilen beyazlık derecesine %24'lük nem ihtiva eden ham pamuklu kumaşlarda ve pH 7'nin üstüne çıkmadığı zaman, selüloza minimum derecede zarar vererek kısa zaman içerisinde ulaşılabileceği tespit edilmiştir.

**Sevimli ve Sarıkaya (2002)** ise çalışmalarında ozon dozu, pH ve başlangıç boya konsantrasyonun ozonlama işlemindeki etkisini araştırmışlardır. Arıtma tesislerinden (A ve B numuneleri) ve bir boyama apre fabrikasından gelen boya banyosu atık suyundan (C numunesi) temin edilen atık suyunun yarı kesikli bir reaktörde asit boya çözeltilerinde etki parametrelerine göre değişimler yapılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, uygulanan ozon dozunun ve pH'nın artmasına bağlı olarak oranlar artmıştır ve ilk boya konsantrasyonuna göre azaldığı görülmüştür. C ve A atık suyu numunelerinde renk giderim verimliliği yüksek ozon dozajında %95 ve %97 olarak belirlenmiştir, sırasıyla %81 ve %87 olarak ozon dozu düştükçe giderim verimliliği de düşmüştür. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve çözülmüş organik karbonun (DOC) giderim verimliliğinin çeşitli ozon dozu uygulamalarında 15 dakika ozonlama ile incelenmesi sonucunda giderim verimlilikleri sırası ile A numunesi için %15 +/- %46 ve % 10 +/- %20, C numunesi için %15 +/- %33 ve %9 +/- %19 aralıklarında verilmiştir. Birim renk giderimi için uygulanan ozon dozunun farklı olmasına rağmen KOİ ve DOC uzaklaştırılmasının hemen hemen aynı olduğu saptanmıştır. Boyama ile ilgili olarak asit boyamalarında ozonlamanın ilk reaksiyon adımını etkilediği belirlenmiştir. Boya konsantrasyonundaki artışlar belirli oranlarda ozon tüketimini de artırmaktadır.

Çalışmaların sonucunda görülmüştür ki, uygulanan ozon dozu arttıkça renk, KOİ, DOC giderimi ve görünür hız sabitleri artmakta, ancak ozon kullanım oranı azalmaktadır.

**Prabakaran ve Rao (2002)** çalışmalarında ham pamuk kumaşta haşılama maddesi, yağ, mum, pektin ve doğal renklendirici maddeler gibi kirliliklerin uygun boya baskı ve terbiye işlemlerinin hazırlanması sırasında etkin şekilde temizlenmesi için ozon gazını kullanmışlardır. Ham pamuklu kumaşlarda en yaygın olarak kullanılan sıralı operasyonlar asit veya enzim ile haşıl sökülmesi, alkali ile yıkama ve hipoklorit veya hidrojen peroksit ile ağartma işlemleridir. Bu operasyon dizisi zaman alan, çeşitli kimyasallara ihtiyaç duyulan, enerji ve büyük miktarda su tüketen bir dizidir. Doğal kaynakları ve çevreyi koruma ile ilgili artan talep araştırmacıları zararlı kimyasalların kullanılmadığı, az miktarda su kullanılarak, işlem süresi kısa, düşük sıcaklıklarda işlemlerin gerçekleştirilebileceği bir proses aramaya zorlamıştır. Denemelerde 80 tel 139,6 g/m<sup>2</sup> ham pamuklu kumaş kullanılmıştır. Haşıl maddesi olarak ham pamuk kumaş üzerinde doğal nişasta kullanılmıştır. Ozon jeneratörü 8 g/sa'lik kapasiteye sahiptir. %24'lük nem içeren ıslak ham pamuklu kumaşlar 100 g/m<sup>3</sup> ozon-oksijen gaz karışım konsantrasyonuna pH 5 iken asetik asit ile pH ayarlaması yapılmıştır. 1-7 dk arasında ayarlanan zaman içerisinde haşıl sökme, yıkama ve ağartma işlemleri için uygulama çemberine yerleştirilmiştir. Ham pamuk kumaşının ağartılmasında bulunan iki basamaktan, birincisi ozon ile gerçekleştirilmiştir, ikincisi ise hidrojen peroksit ile %24 nem içeren ıslak ham pamuk kumaşı öncelikli olarak ozon ile ağartılmıştır. Bu ağartma işleminde pH 5 ve yıkama süreleri 1, 2 ve 3 olarak ayarlanmıştır. Daha sonra bu kumaşlar hidrojen peroksit ile sırasıyla 45, 30 ve 15 dakika ağartılmıştır. Literatürde rapor edildiğine göre pamuklu kumaşlar üzerinde ozon ağartma kalitesinin ozon konsantrasyonuna, işleme süresine, pH değerine ve kumaş üzerindeki nem miktarına göre değiştiği belirlenmiştir. Ozonlama ile uzaklaştırılan kirliliklerin geleneksel yöntemdeki haşıl sökme, yıkama ve ağartma işlemlerinden daha az olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda su damlası emiciliği yeterli bulunmuştur.

**Grantz (2003)** çalışmasında bitkilerin ozon tabakası üzerindeki etkileri ile ilgili araştırma yapmıştır. Bitkiler genellikle stomaları vasıtasıyla troposferik ozon tabakasını yok ederler. Ozon büyüme, fotosentez ve karbonhidrat dağılımını

azaltmaktadır. Ozon toprak kaynaklarının sömürülmesini, kök çoğalmasını ve yer altında karbon tutulmasını engellemektedir. Pamukla yapılan simülasyonlar göstermektedir ki ozon kök gelişimini bozmaktadır ve dolaylı olarak filiz fotosentezini azaltabilmektedir. Ozonun hem karbon asimilasyonu hem de karbon translokasyonu üzerinde etkileri konusunda güçlü kanıtlar olmasına karşın biri veya her ikisi üzerinde doğrudan ya da dolaylı ozon etkilerini belirleyen veriler sonuçsuz kalmıştır. Floem (soymuk) dokunun özellikle ozona karşı duyarlı olabileceği ön görülmektedir. Fakat bu konudaki karbon asimilasyonu ve ozon maruziyetinden etkilenen floem ile ilgili daha fazla araştırma yapmak gerekmektedir.

**Grantz (2003)** gibi yapılan çalışmalarla ozon gazının bitkiler üzerindeki etkileri dolayısı ile bitkisel liflerden elde edilen ürünlerin ozon gazı ile olan etkileşimi daha derinlemesine araştırılabilecek, kök kısmındaki etkilerin tepkileri karşılaştırılabilir hale gelecektir.

**Grantz ve diğ. (2003)** çalışmalarında ozonun kök solunumu, pamuk ve kavun bitki yapraklarının karbondioksit asimilasyonu ile ilgili değişiklik durumunu incelemişlerdir. Troposferik ozon tabakasının fotosentetik gaz değişiminin yapraklar üzerindeki dokularda mevcut fotosentez ürünlerinin translokasyonunu engellediği iyi bir şekilde bilinmektedir. Ozonun emici ince kökler üzerindeki fizyolojik tepkilere karşı kaynak gücünü azaltması ile ilgili konuda etkisi daha azdır. Üstü açık odacıklarda kronik ve akut olarak ozona maruz bırakılmış, ince köklerdeki solunum durumu ve yapraklardaki karbon emilimi ile ilgili tepkiler incelenmiştir. Önceki raporlarda ozona maruz kalmış kök hücrelerindeki solunum değişim oranlarının artan, azalan ve değişmeyen durumları gösterilmektedir. Pima pamuk ince köklerinde emici solunum artışı gözlenmiştir ancak kaynak aktivitesinde bir düşüş belirlenmiştir. Dolayısı ile ince kökler ile yaprak kaynak gücü arasında karşıt yönlerde değişim görülmüştür. Ozona maruz kaldıktan sonra filizlenme ile kök arasında ilave bağlantıların söz konusu olabileceği ön görülmektedir.

**Micheal ve El-Zaher (2003)** çalışmalarında farklı ozon işlemleri denenerek ıslanabilirlik, sarılık indeksi, geçirgenlik ve gramaj kaybı açısından yün kumaşların etkilenme dereceleri incelenmiştir. Boyanabilirlik, renk parametreleri, ışık haslığı özellikleri ve farklı renklerle işlenmiş boyalı numunelerin yaklaşık 150 saat boyunca gün ışığında bekletilmesi ile renk değişiminin incelenmesi üzerindeki olumlu etkileri

araştırılmıştır. Sonuçlar nemlendirme işlemlerinin yüzeyde meydana gelen değişiklikler üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir, bu durumun işlenmiş numuneler üzerinde meydana gelen dengesiz dağılımı artırdığı, kumaş yüzeyi üzerindeki sistin bağlarının oksitlenmesi ve serbest radikal oluşumuna sebep olduğu anlamına gelmektedir.

**Damas ve diğ. (2005)** ön işlem olarak ozonlama uygulamasının atık sularda organik madde içeriğinde ve bulanıklığın düşürülmesinde etkili olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Atık suyunun fiziksel kimyasal arıtımı ozonlama yapılmadan elde edilen sonuçlarına göre COD uzaklaştırma derecesi pH 6 da başarılmıştır. 30 dakika ozonlanmış su ile fiziksel-kimyasal arıtım işleminin yapılmasında en iyi COD uzaklaştırılması ve bulanıklığın giderilmesi pH 6,5 da sağlandığı belirtilmiştir. 60 dakikalık ozonlanmış su ile fiziksel-kimyasal arıtımın yapıldığı incelemede ozonlamanın hem COD hem de bulanıklığın giderilmesinde iyileştirici özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Yine de bu eğilimin ozonlama süresinin 60 dakikaya çıkmasından kaynaklandığı düşünülmemektedir. Bulanıklıkla alakalı deneylerde ozonlamayla gelişme sağlanmıştır.

Yapılan çalışmaların araştırılması ışığında ozonlama işleminin tekstil iş akışında çoğu adımda kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Gerek tekstil proseslerinde fayda sağlama gerekse atık su geri kazanımı gibi çevreye duyarlı proseslerin geliştirilmesinde ve bu proseslerin tekstille ortak paydada buluşturulmasında ozon teknolojisinin etkin olduğu görülmektedir.

**Soares ve diğ. (2006)** çalışmalarında ozonlama deneylerini, bir üfleme çubuğunda sürekli işlem altında gerçekleştirmişlerdir. Asit boya çözeltilerinden renk ve TOC giderimi için çeşitli parametrelerin (giriş boya konsantrasyonu, uygulanan ozon dozu, pH ve iletkenlik) etkisi incelenmiş ve işletmede optimize etmek amacıyla bu koşullar araştırılmıştır. Ozon tüketimi her deneyde ölçülmüştür. Ozonlamanın asit boyamada renk giderimi için etkili olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte TOC gideriminin de hafif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Giriş boya konsantrasyonundaki artış renk giderimi veriminde azalmaya ve ozon tüketiminde artışa sebep olmaktadır. Dekolorizasyon uygulanan ozon dozu ile doğru orantılı olarak artar. Farklı ozon konsantrasyonlarındaki renk giderim verimleri %76 ile %100 arasında değişiklik göstermektedir. pH 5-9 aralığında pH tamponlayıcısı

kullanıldığında renk giderim verimliliğinin azaldığı belirtilmiştir. Tuzun varlığı ise dekolorizasyon verimliliğini düşürmektedir. Farklı sınıflardaki çeşitli boyalar incelenmiş ve ozonlamanın renk giderimi işlemi için etkisi olmasına karşın TOC uzaklaştırılması için daha az verimli olduğu bulunmuştur. Test edilen koşullar altında sadece dispers ve kükürt boyaları %86'dan daha düşük bir renk giderme sunmuştur. Bu prosesin pratik uygulaması iki endüstriyel tekstil atık suyunun arıtılmasında iki farklı biyolojik işlemin uygulanması ile doğrulanmıştır.

**İnkaya ve diğ. (2007)**, pamuklu tekstil mamullerinin ön terbiyesi işlemlerinde enzim kullanımının su tüketimini ve enerji kullanımını azaltacağını; çevreye zarar veren atık su yükünün çevreye zarar vermeyecek özelliğe kavuşacağını belirtmişlerdir. Pamuklu tekstil mamullerinin enzimatik ağartması üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında enzimatik ağartmanın, su ve enerji kullanımının yüksek olduğu hidrojen peroksit ağartmasının yerine uygulanıp uygulanmayacağı incelenmişlerdir. Saf lakkaz enziminin tek başına kullanılmasıyla yapılan denemeler sonucunda kumaşın 49 stensby derecesi olan başlama beyazlık derecesinde bir artış oluşmamış, beyazlık en fazla 51 stensby derecesine çıkartılabilmektedir. Saf enzim ve iki farklı mediatör sistem ile yapılan çalışmalarda da beyazlık artırılmamıştır. Beyazlık derecesini artırmak için çözeltiye 1000 ml/dk gaz akışında oksijen ve yine 1000 ml/dk gaz akışında ve 32 mg/dk konsantrasyonunda ozon beslemesi yapılmıştır. Oksijen beslemesinin fazla bir etkisi olmamış ve beyazlık derecesi 51 stensby derecesi seviyesinde çıkmıştır, ancak ozon beslemesi durumunda beyazlıklar yalnızca enzim içeren banyolarda 68, enzim ile birlikte mediatör içeren banyolarda 70 stensby derecesine kadar yükseldiği belirlenmiştir.

**Perincek ve diğ. (2007)** ozonun birçok organik ve inorganik kirliliklerin oksitlenmesinde kullanılabilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Pamuk kumaşlarda ağartmada ozon gazının kullanımı araştırılmıştır. 152 g/m<sup>2</sup> ağırlığında %100 pamuklu kumaş kullanmışlardır. Bu çalışmada ozonlama işleminden sonra durulama, kumaşın su emme miktarındaki gelişme değeri, sıcaklık, kumaşın pH değeri, kumaşın beyazlık derecesinin belirlenmesi ve tüm bunların etkisi araştırılmıştır. Ozon ile ağartmada kullanılan malzemeler ozon jeneratörü, aplikatör ve ozon yok edicisi olmak üzere 3 bileşenden oluşmaktadır. Ozon jeneratörünün kapasitesi 2 l/dk'dır. Yapılan denemeler sonucunda, durulama prosesinin kumaş

beyazlık derecesine etkisi olduğu belirlenmiştir. %60 oranında nemlendirilmiş numunenin ozonlama işlemi sonrasında beyazlık derecesinin %27 arttığı, durulama işlemi sonrasında ise bu değer %33,6 ya kadar çıktığı görülmüştür. Nemlendirme oranının beyazlık derecesine etkisinin incelenmesi için 11 farklı nem değeri belirlenmiş ve ozonlama süresinin artması ile beyazlık derecesinin arttığı tespit edilmiştir. Kritik nem alma değerine kadar beyazlık derecesi artarken %60 nem oranından sonra beyazlık derecesinde düşme gözlenmiştir. Yapılan çalışmada nötr ve asidik kumaşların ozonlanması arasında önemli bir fark görülmemiştir. Nötr kumaşların ozonlanmasının asidik pH'lı kumaş ile çalışılmasından daha kolay ve ekonomik olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile nötr kumaşlar ile çalışılması tavsiye edilmiştir. Toplamda 3 farklı sıcaklık değerine göre incelemeler yapılmıştır. 10-12 °C , 23-25 °C, 50-52 °C lerinde denemeler yapılmıştır. Sonuçlarına göre ozon gazının yüksek sıcaklıklara karşı hassas olduğu görülmüştür. Dolayısı ile işlemlerin oda sıcaklığında yapılmasına karar verilmiştir. Denemelerin incelenmesi neticesinde ozonun kumaş kristallliğini etkilemediği kanısına varılmış ve tespit edilmiştir. Çevresel olarak ozon prosesinin kullanılması son derece uygundur. Çünkü hiçbir zararlı kimyasal kullanılmamaktadır.

**Eren (2007)** çalışmasında yeni bir yaklaşım olan ozon teknolojisi ile polyesterin dispers boyanması üzerine araştırma yapmıştır. Polyester lifleri yoğun yapıları nedeni ile hidrofobik yüzeye sahiptirler. Boyamaları oldukça zor olan bu maddeler için en önemli boyar madde dispers boyarmaddeleridir. Polyester lifi genellikle basınçlı kaplarda yüksek sıcaklıklarda boyanmaktadır. Polyester lifleri boyama ile ilgili en büyük problemleri yıkama haslıklarında ve dispers boyalarla yaşamaktadır. Dispers boyalar lifin yüzeyinde toplanmaktadır. İndirgen maddeler ile yıkama işlemi yüzeyde biriken maddeleri uzaklaştırmak için en çok tercih edilen yöntemdir.

Deneylerde %100 polyester ham kumaş kullanılmıştır. Düz dokuma kumaş gramajı 108 g/m<sup>2</sup>'dir. Dokuma kumaş aynı lineer özelliklere sahip atkı ve çözümlü ipliklerinden üretilmiştir. Deneylerde açık, orta ve koyu olmak üzere 3 dispers boya kullanılmıştır. Öncelikli olarak numune kumaşlar üzerlerinde bulunan kirlilikten arındırılmak üzere yıkanmıştır. Numuneler %3'lük boyar madde konsantrasyonları ile boyanmıştır. Boyama işleminden sonra iki temizleme prosesi uygulanmıştır.



Bunlardan biri geleneksel yönteme göre indirgeme yıkama işlemleri diğeri ise ozonlamadır. Bu prosesler dispers boyanın kumaş üzerinden uzaklaştırılması için gerçekleştirilmiştir. Sodyum ditionit ve sodyum hidroksit ile indirgeme temizleme gerçekleştirilmiştir. Ozonlama ile yıkama işlemi ise yaklaşık olarak nötr pH (6,8) da saf su ile 1,3,5,15 dakikaları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Tüm ozonlama denemeleri oda sıcaklığında 1:15 flotte oranında yapılmıştır. Ozonlama banyosuna hiçbir kimyasal madde konulmamıştır. Ozonlama işlemi ozon baloncuklarının reaktörün alt kısmında üretilip dağıtıcı ile suyun içerisinden geçip kumaş ile nüfuz etmiştir. Numune rengine ozon kalıntılarının etki etmemesi için 2 dakika boyunca ozon kalıntılarını uzaklaştırmak için mekanik karıştırma ile ozonlu polyester numune kumaşlar durulanmıştır. Çalışmanın sonucunda istenilen renk ve yıkama haslıklarına ozonlama ile temizleme işlemi sonrasında ulaşılmıştır. Ozonlama prosesi ile temizleme işlemi sayesinde enerji ve zaman tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir. Ayrıca  evreci bir yaklaşım sergileyen ozon teknolojisi ile geleneksel yöntemde kullanılan zararlı kimyasalların kullanılması  nlenebilir.

**Rice ve diğ. (2009)** ticari tesislerde ozon ile yıkama işlemleri üzerinde araştırmalar yapmışlardır.  alışmaları kapsamında ekonomik ve çevresel faydaları üzerinde durmuşlardır. Yıkama sistemlerinde ozonun iki önemli özelliğinin dikkat çektiğini vurgulamışlardır. Birincisi hiçbir kimyasal kalıntı bırakmaması ve ozon ile yapılan işlemlerde geleneksel yıkama sistemlerinde olduğundan daha az kimyasal madde ve deterjan gerekliliğidir. İkincisi ise ozonun soğuk suda daha verimli çalıştığı üzerinedir. Bu noktada soğuk su içerisinde önemli  l de yıkama ve temizlik yapılabilmesi ve bu sayede enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir.

Ozon ile yıkama sisteminde soğuk su (oda sıcaklığı ve musluk suyu) kullanımından dolayı enerji tasarrufu sağlandığını belirtmişlerdir. Geleneksel yıkamada kullanılan birçok kimyasalın kullanımını azaltmış olmasından kaynaklı kimyasal madde tasarrufu sağladığı **Rice ve diğ. (2009)** tarafından belirlenmiştir. Ozon yıkama sisteminde kullanılan kimyasal madde miktarının azalması durulama sayısının azalığını ve dolayısı ile işçilik maliyetinde tasarruf sağladığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda ozon yıkama sisteminde d şuk sıcaklığa ihtiyaç duyulması çalkalama s resindeki azalma, kullanılan kimyasal miktarındaki azalma kumaşın ömrünü uzattığı yönünde gelişme sağlandığını belirlemişlerdir.

**Zouzoulas ve diğ. (2009)** çalışmalarını yüksek ozon konsantrasyonlarının iki pamuk çeşidi üzerindeki etkisini incelemek için yapmışlardır. Pamuk çeşitleri Romanos ve Allegria olarak belirlenmiştir. İki pamuk çeşidi de 100 ppb ozon ile muamele edilmiştir. Bitki 8 gün boyunca ozon ile muamele edilmiştir ve yaprak alanını hesaplamak için yapraklarını çıkarmadan 1 gün önce kesilmiştir. Bitkiler kapalı ve kontrol edilen bir ortamda suni görünür ışık ile aydınlatılarak günde 7 saat ozona maruz bırakılmıştır. Yapılan çalışma sonrasında görülmüştür ki kontrol bitkisi ile ozona maruz bırakılmış bitki kıyaslandığında, ozona maruz kalmış bitkilerin yapraklarında renk kaybının ve ölmüş doku parçalarının, stoma ve epidermal hücre yoğunluğu ve pamuk elyafının sarılığının arttığı tespit edilmiştir. Ozon konsantrasyonunun artması stoma genişliği, toplam yaprak kalınlığı ve yaprakların doku bileşenlerinin kalınlığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Ozon konsantrasyonuna maruziyet sonrası yaprak damarlarının etrafındaki beze yoğunluğu, bitki boyu, klorofil içeriği, fotosentez hızı, gözenek iletkenliği ve yaprak yüzey alanı azalmıştır. Ozon muamelesinin artırılması sonrasında bitkinin kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca ozona maruz kalma durumunun tohum ağırlığını, pamuğun tiftiksiz ağırlığını, verimini, lif mukavemetini, mikronerini, olgunluk indeksini ve lif homojenlik indeks değerlerini azalttığını belirtmişlerdir. Dolayısı ile bu çalışmada yüksek ozon konsantrasyonlarına maruziyetin fotosenteze, ham pamuk ağırlığına ve pamuk elyafının mukavemet oranına etkisini göstermektedir.

**Eren ve diğ. (2009)** nişasta haşılı ile haşılanmış ham pamuk kumaşta haşıl sökülmesi, kumaşın ağartılması ve boyanmasında yeni bir prosesin geliştirilmesi ve enzimle birlikte tek banyoda işlem yapılması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Deneylerde kullanılan materyal %100 pamuk ham kumaştır. Düz dokuma ile oluşturulan yüzey 175 g/m<sup>2</sup> ağırlığında, atkı ve çözümlü iplikleri 16 Nm iplikten dokunmuştur. Enzim ile işlem görmüş kumaş numuneleri geleneksel yöntem ile işlenmiş kumaş numuneleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm deneyler 1:10 banyo oranında çözelti içerisinde ve saf su ile yapılmıştır. Tüm deneyler 10 gramlık kumaş numunesi ile 3 kere yapılmıştır. Tek banyo prosesinde pH dengesi sodyum hidroksit ve asetik asit ile sağlanmıştır. pH sabitliğini sağlamak amacı ile sodyum asetat kullanılmıştır. Geleneksel proses işleminde ise yıkama ve boyama işlemlerinin kontrolü tek adımlık banyo prosesinde olduğu gibi yapılmıştır. Haşıl sökme ve ağartma işlemleri 1:10

oranındaki çözelti ile jet boyama makinasında yapılmıştır. Normalde ham pamuk kumaş hidrofobiktir ve kumaşı hidrofil yapmak için geleneksel yöntem ve tek banyo metoduna göre işlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonrasında ıslanma süresi 1 saniyeden daha az bir zamana düşürülmüştür.

**Uysal ve Eren (2010)** çalışmalarında ozonun polilaktik asit liflerine etkisi ve PLA terbiyesinde ozon kullanımı üzerine araştırma yapmışlardır. PLA kumaşın ozonlama işlemleriyle ağartılması ve boyama sonrası ard temizleme işlemlerinin yapılmasının amaçlandığı çalışmalar, oda sıcaklığında ( $25\pm 2$  °C) ozonlama süresi, ozon dozu değişken parametreler kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Deneyler karşılaştırma yapılabilmesi için çok tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Ağartma işlemi olarak uygulanan ozon ile yapılan çalışmalarda, ozonlama süresiyle doğru orantılı olarak ham PLA numunelerin beyazlıklarının da arttığı gözlenmiştir. 60 dakikalık ozonlama ile alınan 93 stensby beyazlık değerinin hidrojen peroksit ağartmasıyla aynı olduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan, uzun süreli ozonlama durumunda ise, kumaş mukavemetinin önemli ölçüde azaldığı anlaşılmış, optimum çalışma süresi mukavemet değerine bağlı olarak 10 dakika şeklinde uygun görülmüştür. Hidrojen peroksitin kumaşa vermiş olduğu mukavemet kaybı ozonlama ile ancak 60 dakikalık çalışma sonunda ortaya çıkmaktadır, bu durum ise ozonlamanın soğuk suda ve kimyasal kullanılmadan yapılması nedeniyle peroksit ağartmasına göre, kumaşa daha az zarar vereceği konusunda fikir vermiştir. Ozonlama ile zaten kendiliğinden dökümlü bir yapısı olan PLA örme kumaşların tutumunun daha da iyileştirildiği anlaşılmıştır. Ayrıca hidrofiliğin de bir dereceye kadar arttığı gözlenmiştir.

**Öztürk ve Eren (2010)**, çalışmalarında ozonun özellikleri belirtilerek tekstil terbiyesinde kullanımı için genel bir çerçeve çizmeye çalışmışlardır. Tekstil terbiyesinde bir çok işlemde ozon ile denemeleri rapor eden literatür bulunsa da denim yıkamada ozon kullanımı dışında tekstil terbiyesinde ozon kullanımı henüz yaygınlaşmadığını belirtmişlerdir. Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı ile ozon soğukta (oda sıcaklığında) etkin olduğu için terbiye proses suyunu ısıtma gerekliliği olmaması sonucu enerji tasarrufu, ozonlama her pH değerinde etkin olduğu için terbiye proses suyunun pH ayarlaması gerektirmemesi sonucu kimyasal madde tasarrufu, ozonun diğer klasik kimyasalları ikame edeceğinden dolayı kimyasal madde tasarrufu, ozonun kendiliğinden oksijene dekompoze olması sonucu çevre

dostu üretim sağlayacağı, ozonlamanın boyama banyosunda yapılması durumunda su tasarrufu ve atık yükünde azalma sağlayacağı gibi avantajları sıralanmıştır.

**Güneş ve diğ. (2011)**, çalışmalarında ozonlama işlemini beş çeşit ticari boya ve çeşitli kromofor grupları üzerindeki renk giderimi için sonuçları değerlendirmişlerdir. Çalışmanın amacı reaktif boya kromoforuna bağlı boya atık suyundan rengin giderimi ile ilgili ozon verimliliğine etkisi olan sistem parametrelerinin detaylı olarak incelemektir. Parametreler çözelti pH'ı ve ozonlama süresi olarak belirlenmiştir ve ayrı ayrı incelenmiştir. Ozonlama işlemi sistem içerisinde gerçekleştirilmiştir ve ozon üretim hızı 1000 mg/saat olarak belirlenmiştir. Çalışmada boya kromoforuna bağlı renk giderim verimlilikleri %83 ve %96 arasında değişiklik göstermektedir, pH ayarlaması yapılmadan yürütülen ozonlama süreçlerinde renk giderim verimlilikleri %34 ve %93 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca deneysel sonuçlara göre ozonlama ile renklerin giderilmesi özellikle bakır formazan ve antrakinon kromoforlara sahip reaktif boyalarla etkin olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Eren ve Öztürk (2011)**, çalışmalarında geleneksel yöntemle haşıl sökme, temizleme ve ağartma işlemleri için kullanılan kimyasalların yerine alternatif ve çevreci yöntem olan ozon sistemini incelemişlerdi. Ham %100 pamuk kumaş üzerinden haşıl sökme, temizleme ve ağartma işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Kontrol maddesi olarak hidrojen peroksit ağartması kullanılmıştır. Ham pamuk kumaşlar kontrollü şekilde nemlendirilip, dikey cam reaktör içerisinde Prabrahan'ın pamuk ozonlama çalışmasındaki gibi ozonlanmıştır. Yapılan işlem sonunda enerji, su ve kimyasal tasarrufu sağlanmıştır. Buna rağmen beyazlık oranında istenilen seviyeye gelinebilmesi için sürenin uzatılması gerekmektedir. Bu durum mukavemetin %27 oranında düşmesine sebep olmuştur. Kumaş üzerinde sağlanan su emicilik ise kabul edilebilir derecelerde sağlanmıştır. Deneylerde %100 pamuk ham, 112 g/m<sup>2</sup> gramaj ağırlığındaki 54 tel düz dokuma kumaş kullanılmıştır. Atkı ve çözgü ipliklerinin numarası Ne 30/1 dir. Ozonlama işlemlerinde doğal saf su kullanılmış ve 5,10,15,20,25,30,60 ve 90 dakikalar için ayrı ayrı uygulanmıştır. Ozonlama denemeleri hacmi 140 ml ve yarıçapı 27 mm olan kapalı silindirik cam reaktör ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Opal OS1 model ozon jeneratörü reaksiyonun ihtiyacı olan yüksek saflıktaki oksijenin ozona dönüştürülmesinde

kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda ozonlama işlem süresinin uzatılması kaynaklı mukavemet kaybı ihmal edilebilir sınırlar içerisinde. Ozonlama ile ham kumaş üzerindeki nişastanın giderilmesi sağlanmıştır, su emicilik özelliği ise hem ham kumaşa hem de haşılı sökülmiş kumaşa artmaktadır. Ozonlama işlemi zerrelere uzaklaştırılmasında pek başarılı olamamıştır.

**Atav ve Yurdakul (2011)**, çalışmalarında tiftik boyamada ozon teknolojisinin kullanımının etkisi üzerine araştırma yapmışlardır. Çalışmada numuneler çeşitli nem, süre ve pH'larda ozonlama işlemine tabi tutulmuş ve optimum koşulların saptanması amacıyla dinkleme tipi asit boyarmaddesi ile boyanmıştır. Ön denemeler sonucunda ozonlama işlemindeki optimal koşul; tiftik lifleri için %60 nem, pH 7 ve 30 dak. olarak bulunmuştur. Ozonlama işlemiyle liflerin yüzeyinde meydana gelen oksidasyon sonucu alkali çözünürlük değerleri artmaktadır. Ancak değerler %18'in altında olduğundan liflerin gördüğü zararların kabul edilebilir düzeylerde olduğu söylenebilir. Liflerin yüzeyinde meydana gelen modifikasyonu gözlemek amacıyla SEM fotoğrafları çekilmiştir. Şekil incelendiğinde liflerin ozonlama işlemi sonrası pul tabakasının parçalandığı görülebilmektedir. Bu durum liflerin yüzeyindeki bariyer etkisinin kalktığını ortaya koymaktadır ki, liflerin boya alımındaki artışlar buna dayandırılabilir. Bu ön çalışmalarla ozonlama işleminin optimum koşulları saptandıktan sonra, değişik boyarmadde sınıflarıyla (dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks, reaktif) ozonlama ön işlemi görmüş ve görmemiş liflerin boyanma özellikleri karşılaştırılmıştır. Gerekli incelemeler yapıldıktan sonra ozonlama işleminin boyamada elde edilen renk verimini artırdığı görülmektedir. Ozonlama işlemi görmüş tiftik liflerinin bütün boyarmadde sınıflarıyla renk veriminde kayba yol açmadan düşük sıcaklıklarda boyanabileceği tespit edilmiştir. Ozonlama işlemi görmüş numunelerin yıkama haslığı değerleri işlemsiz numunelerle benzer çıkmıştır. Işık haslıkları ise bir miktar artmıştır. Bu durum ozonlama işleminin ışık haslığını artırmasından değil, işlem görmüş numunenin daha koyu boyanmış olmasından ileri geldiği de çalışmada belirtilmiştir.

**Benli ve Bahtiyari (2014)**, çalışmalarında pamuklu kumaşlar için alternatif bir apre süreci üzerinde çalışmayı amaçlamışlardır. Kumaşlar geleneksel yöntemdeki gibi enerji yoğun ve kimyasal bazlı terbiye işlemleri yerine ozon ve ultrason

kombinasyonu ile önceden işlenmiştir. Ayrıca çalışmada kumaşların renklendirilmesi için ön işlem olarak bitki bazlı doğal boyalarda kullanılmıştır. Bu amaç için nar kabuğu, portakal ağacı yaprakları, havacıva kökleri, fındikkabuğu kullanılmıştır. Bu çalışma pamuklu kumaşlar için çevre dostu bir apre işlemi tanıtmak için planlanmıştır ve aynı zamanda tekstil boyama süreçlerinde bitki atıklarının kullanılabilirliği ile ilgilide araştırma yapılmıştır. Ozon gazı ve ultrasonik yıkama ile yapılan ön muamele işlemleri sonrasında elde edilen değerlere göre çok düşük bir çekme kaybı görülmüştür ki bu da yeterli sınırlar içerisinde. Ayrıca bu çalışmada bitki atıklarının kullanımı ile pamuklu kumaş renklendirilmesi işleminin kontrol edilebilir olduğu tespit edilmiştir.

**Atav (2015)**, çalışmasında son yıllarda boyama işleminin çeşitli yönlerini geliştirmek ve life verilen zararı azaltıp, enerji tüketimini azaltmak ve verimliliği artırmak için yeni teknolojiler geliştirilmiş ve birçok girişimde bulunulduğundan bahsetmiştir. Ultrason, ultraviyole, ozon, plazma, gama ışınması, lazer mikrodalga, elektron ışınlama, iyon implantasyonu, süper kritik karbondioksit gibi proteinli liflerin boyanabilme kabiliyetini artırıcı yeni teknolojiler tanıtılmıştır. Ozon doğal olarak oluşan yeryüzündeki canlılar için hem yararlı hem de zararlı olan bir gazdır. Ozonun stratosferde yeteri kadar olması çok önemlidir, çünkü ozon gazı Dünya'ya ulaşan UV gazına karşı kalkan oluşturan en önemli gazdır. Açık mavi renklidir. Ozon gazı normal sıcaklık ve basınç altında mavi renkli bir gaz olmasına rağmen düşük konsantrasyonlarındaki uygulamalarda bu mavi rengi görmek imkansızdır. Ozon keskin kokusu sebebiyle düşük konsantrasyonlarda bile kolayca saptanabilir. **Atav**, 0,02 ve 0,05 ppm (hacim olarak) sağlık sorunu sebep olacak konsantrasyonların altında olduğuna dair bilgiler vermiştir.

**Benli ve Bahtiyari (2016)**, çalışmalarında farklı hidrojen peroksitin ve ozon kombinasyonlarında ağartma işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Ağartılmış kumaşlar üzerinde renklendirme işlemi seçilen doğal boyarmadde kaynakları ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada %100 pamuklu, 200 g/m<sup>2</sup> ağırlığında nişasta haşılı işe haşılanmış numune kumaş kullanılmıştır. 25 g/saat kapasiteli ozon jeneratörü ile ozonlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Denemeler kapsamında ozonlama öncesinde numune kumaşlara %50 oranında nem kalacak şekilde önce flotte emdirilmiştir, ardından sıkma işlemi uygulanmıştır. Doğal boyarmadde kaynakları olarak ise

önceden ekstrakte edilmiş nar kabuğu, fındık sert kabukları, portakal ağacının yeşil yaprakları ve havacıva bitkisinin kökü ile mordan maddesi kullanılmadan renklendirme işlemleri uygulanmış, incelenmiştir. Çalışma sonucunda ozonlama işlemi öncesinde çeşitli oranlarda hidrojen peroksit içeren banyoların emdirilmesinde banyo pH'nın ve peroksit konsantrasyonunun etkili olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında genel olarak uygun pH ve peroksit konsantrasyonlarında yapılan emdirme işlemleri sonucunda ön terbiyede istenilen efektlerin alındığı ve boyama işlemi için uygun yeterli sonuçların bulunduğu belirlenmiştir. Doğal boya maddeleri ile elde renklendirme işlemi sonucunda edilen yaş haslıklarının genelinde 4/5 olduğu anlaşılmıştır. Nar kabuğunun doğal boyarmadde kaynağı olarak kullanıldığı durumda ise yeterli ışık haslıklarının sağlanabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda 40 ml/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren, ağartma banyosunda pH 7 olarak ayarlanan ve %50 oranında flotte olacak şekilde emdirilen, ardından kapalı sistem içerisinde 60 dk ozonlama işlemine maruz bırakılan numune kumaş üzerinde yeterli ön terbiye efektlerinin alınabildiği belirtilmiştir. Ön terbiye işleminden sonra seçilen doğal boyarmaddeler ile 100°C'de 60 dk boyama işlemi gerçekleştirilmiş ve geleneksel yöntemle yapılan doğal boyama işlemine alternatif oluşturabilecek çevreci bir terbiye yöntemi sunulmuştur.

### 3. MATERYAL ve METOD

Çalışma 3 iş paketi şeklinde gerçekleştirilmiştir. İlk iş paketinde numune kumaşları ozonlama işlemleri gerçekleştirilmiş ve süreç parametreleri incelenmiştir. İkinci iş paketinde geleneksel yöntem ile pamuk havlu kumaş üzerindeki haşıl sökme işlemi tamamlanmıştır. Üçüncü iş paketinde ise numune değerlerinin incelenmesi ve ozon kullanımının sağladığı faydalar incelenmiştir.

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Deneysel Kumaşlar

Yapılan deneylerde ham %100 pamuk havlu dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Kullanılan kumaşların özellikleri aşağıda verilmiştir:

%100 pamuk havlu dokuma kumaş; havlı dokuma yapısında 17 sıklıkta 4 farklı gramajda üretilmiştir. Numuneler  $350 \text{ g/m}^2$  ,  $400 \text{ g/m}^2$  ,  $450 \text{ g/m}^2$  ve  $500 \text{ g/m}^2$ 'dir. Kumaşlarda kullanılan ipliklerin aynı iplik numarasında olmasına ve aynı lottan çekilmesine özellikle özen gösterilmiştir. Numunelerimizde ki gramaj farkları ise farklı hav yükseklikleri ayarlanarak sağlanmıştır. Numune iplik bilgileri aşağıdaki gibidir:

Hav iplik numarası : Ne 16/1 Ring

Atkı iplik numarası : Ne 16/1 Ring

Çözümlü iplik numarası : Ne 20/2 Ring

Ham pamuk havlu kumaş numunelerin üzerinde bulunan yağ ve kirleri uzaklaştırmak için hiçbir ön işlem uygulanmamıştır. Tez kapsamında yapmak



istediğimiz ozon teknolojisi ile ham havlu kumaş üzerinden tek adımda yağ, kir, haşıl gibi maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamaktır.

Ozon gazı ile farklı süre ve yoğunlukta muamele edilmiş numunelerin geleneksel yöntem ile yapılan kasar (haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemi) işlemiyle arasında olan farkın incelenmesi açısından %100 pamuk ham havlu kumaşlar kasar işlemine tabii tutulmuştur.

%100 pamuk havlu numunelere ilk adımda, ozonlama işlemi uygulanmıştır. İkinci adımda ise ozonlama işlemi sonrası ard işlemler uygulanmıştır.

Yıkama reçetesi ile geleneksel enzimle haşıl sökülmesi ve kirliliklerin pamuk lifi üzerinden uzaklaştırılması işlemi tamamlanmıştır ve açık havada kurutulmuştur.

### 3.1.2 Tekstil Yardımcı Kimyasal Maddeleri

Deneylerde pamuk ve pamuk karışımları için biyolojik pişirme ve haşıl söküm enzimi olarak alfa-amilaz ve pektinaz enzimleri içeren bir bileşik ve dispergatör kimyasalları kullanılmıştır.

**Tablo 2:** Ham Havlu Kumaş'tan Haşıl Sökülmesi için Kullanılan Enzimin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Görünüm	Sıvı
Renk	Kahverengi
pH değeri 20°C'de	6,0 – 8,0
Erime Noktası	~ 0°C
Kaynama Noktası	~ 100°C
Parlama Noktası	> 100°C
Alev Alma Sıcaklığı	Ürün kendi kendine alev almaz
Patlama Tehlikesi	Ürün patlama tehlikesi yoktur
Yoğunluk 20°C'de	~ 1,0 g/cm <sup>3</sup>
Çözünürlük / Su ile Karışabilirliği	Tamamen karışır

**Tablo 3:** Pamuk ve Pamuk Karışımları İçin Biyolojik Pişirme ve Haşıl Söküm Enzimi Özellikleri ve Uygulama Alanları

1.	Kumaşın çevre dostu bir şekilde boyama veya kasara hazırlanması için pektini uzaklaştırır.
2.	Özel alfa-amilaz ve pektinaz enzimleri içeren ürün bileşimi
3.	pH ayarına gerek duymadan nötral enzimatik biyolojik pişirme ve kendiliğinden haşıl sökümü.
4.	Tekstil endüstrisinde kullanılan tüm genel proseslere uygundur.
5.	Mükemmel temizleme etkisi sayesinde hidrofilite özelliklerini geliştirir.
6.	Koyu ve kapalı tonlar için sıklıkta kasar gerektirmez.
7.	Kumaş Mükemmel görünüm ve yumuşak tutum kazanır.
8.	Basit reçeteler, güvenilir uygulama, pH ayarlaması gerektirmeyen emprenye banyosu
9.	Atık su değerlerinde gözle görülür düşüş
10.	Potansiyel su ve enerji tasarrufu sayesinde çok ekonomik prosesler

Haşıl söküm enzimi biyolojik pişirme (enzimatik pişirme) esnasında nişasta haşılını kendiliğinden söken ürün bileşimidir. Herhangi bir ıslatıcı, deterjan veya pH tamponuna ihtiyaç duymaz.

Sistem pad-batch'teki yakma/emprenye koşullarında hiçbir düzenleme ve pH kontrolüne ihtiyaç duymadan işler. [38]

Düşük sıcaklıkta kasar prosesi için özel olarak geliştirilmiş çok yönlü dispergatör ve iyon tutucu olan yardımcı madde kullanılmıştır.

**Tablo 4:** Dispergatorün Özellikleri ve Uygulama Alanları

1.	Zayıf asidik pH aralığında kalsiyum, magnezyum ve ağır metal iyonlarının etkili bir şekilde giderilmesini sağlar.
2.	Yüksek tutucu özelliğindeki toprak alkali metal tuzları yakma sırasında ortaya çıkar toprak alkali metal tuzlarının kristalleşmesini önler.
3.	Sert su ve lif üzerindeki sert su tuzları sayesinde çökelmede iyi bir dispersiyon sağlanır.
4.	Yüksek leke tutma kapasitesi
5.	Yüzey aktif temizleme eylemini destekler, kirliliklerin yıkama ile uzaklaştırılmasını sağlar.
6.	Kesikli düşük sıcaklıkta ağartma işleminin stabilizasyonuna yardımcı olur- BE GREEN
7.	BE GREEN sürecinden sonra malzeme üzerinde mükemmel Dp değerleri ve düşük kalıntı sertlik düzeyi sağlar
8.	Enzimatik haşıl sökme, alfa-amilaz ürün ve biyo-yıkama işlemleri ile kombine edilebilir
9.	Sürekli ve süreksiz ön-işlem için uygun

**Tablo 5:** Dispergatorün Genel Özellikleri

Kimyasal yapısı	Organik kompleks yapıcı maddelerin sulu çözeltisi
Formu	Berrak, kahverengi sıvı
Yoğunluğu (20°C)	1,3 g/cm <sup>3</sup>
Viskozite (20°C)	Yaklaşık olarak 50 mPa.s
pH (20°C)	6,0 - 8,0
Seyreltme	Eğer su üzerine dökülürse tamamen karıştırılabilir niteliktedir.
Kararlılık	Asitlere, alkalilere ve sert su tuzlarına karşı stabildir.

Haşıl sökme işlemi tamamlandıktan sonra kumaş üzerindeki haşılın giderilme durumunu incelemek için potasyum iyodür çözeltisi kullanılmıştır. Kumaş üretimi sırasında kullanılan haşıl maddesinin nişasta haşılı olduğu biliniyordu. Dolayısı ile haşıl sökme tayini için potasyum iyodür çözeltisi numune kumaş üzerine damlatılıp kumaş üzerinde meydana gelen renk değişimi gözlemlenmiştir.

Deneylerde hidrojen peroksit ile ağartma flottesinde bulunan kimyasal maddeler sodyum hidroksit, ıslatıcı, stabilizatör, hidrojen peroksit ve antiperoksit'tir.

**Sodyum hidroksit (NaOH):** Ortamın bazik olmasını sağlar ve ağartmaya yardımcı olur. Ayrıca mamul üzerinde kalmış olan yağ, mum, pektin gibi maddelerin ve kumaş biti denilen kırılmış pamuk çekirdeklerini uzaklaştırılır.

**Islatıcı:** Kumaşın daha kolay ve hızlı ıslanmasını sağlar.

**Stabilizatör:**  $H_2O_2$ 'nin parçalanmasını azaltan kimyasal maddelerdir. Çünkü  $H_2O_2$ 'nin parçalanması elyafın zarar görmesine, dayanımının düşmesine neden olur.

**Hidrojen Peroksit ( $H_2O_2$ ):** Ağartma maddesi olarak görev yapan yükseltgen maddedir.

**Antiperoksit:** Ağartma sonrası banyo içinde ve mamul üzerinde  $H_2O_2$ 'in giderilmesini sağlar.

### 3.1.3 Kullanılan Cihazlar

- ❖ Ozonlama işlemi için Opal OS1 model 10 g/sa kapasiteli Ozon Jeneratörü
- ❖ Gramaj Numunesi Kesme Aparatı SDL Atlas-M236A
- ❖ Elektronik Hassas Teraziler Kern-PL 420-3N
- ❖ Elektronik Hassas Teraziler Dikomsan KD-TBC-300
- ❖ Haşıl sökme işlemi için Laboratuvar tipi HT Jet Numune Kumaş Boyama Makinası Ataç-1 kg HT
- ❖ Aşınma Test Cihazı James H. Heal-Martindale 104

- ❖ Aşınma Test Cihazı için Numune Kesme Aparatı
- ❖ Spektrofotometre – Datacolor 600®
- ❖ Elmendorf Yırtılma Mukavemet Cihazı
- ❖ Beher
- ❖ Tutaç
- ❖ Isıtıcı
- ❖ Etüv
- ❖ Hacklange pH metre
- ❖ Kurulama kağıdı
- ❖ Eldiven
- ❖ Derece
- ❖ Otomatik pipet
- ❖ Hassas Tartım Kabı
- ❖ Selex Kronometre
- ❖ Cam çubuk, makas, cam fanus, mezur

## 3.2 Metod

### 3.2.1 Pamuk Havlu Dokuma Kumaşlara Haşıl Sökme İşlemi Olarak Ozonlanma ve Konvansiyonel Yöntemlerin Uygulanması

#### 3.2.1.1 Ozonlama ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulanması

Bu çalışmada ön terbiye prosesinde yenilikçi bir yaklaşım olan ozonlama işlemi ile ilgili denemeler yapılmıştır. Farklı hav yükseklikleri ile ayarlanan 4 farklı gramajdaki havlu dokuma kumaşların ozon ile işlenmesi ve pamuk lifleri üzerindeki haşıl maddesinin, kirliliklerin giderilmesi ana amaç olacak şekilde ozonlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde **Prabaharan ve Rao (2001)**'nin çalışmalarında belirledikleri nem miktarı yaklaşık olarak %24'lük bir değerdir, bu değere göre beyazlık derecesi artış gösterirken nem miktarının artması sonrasında beyazlık derecesinde büyük ölçüde düşüş gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bu durumdaki asıl sebebin ise selülozun su emme kabiliyeti ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısı ile yapılan denemelerde çevreci yaklaşım ve su tasarrufu durumu göz önüne alınarak nem oranı yaklaşık olarak %25-30 olacak şekilde ayarlanmıştır. **Perincek ve diğ. (2007)**, nötr ve asidik kumaşların ozonlanması arasında önemli bir fark görülmediğini yaptıkları çalışmada belirtmişlerdir. Nötr kumaşların ozonlanmasının asidik pH'lı kumaş ile çalışılmasından daha kolay ve ekonomik olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile nötr kumaşlar ile çalışılması tavsiye edilmiştir. Literatürden edinilen bu bilgi doğrultusunda ve yapılacak deneylerde deney parametrelerinden belirli değerlerin sabit tutulması gerekliliği sebebi ile bu noktada literatürden yararlanılmış ve pH nötr, sıcaklık oda sıcaklığında olacak şekilde denemeler yapılmıştır.

Numune kumaşlar aynı özellikteki hav, zemin ve atkı ipinden dokunmuştur. İplik özellikleri aynı olan numuneler 4 farklı gramaj değerinde üretilmiştir. Gramaj farkları ise hav uzunluğu değiştirilerek elde edilmiştir.

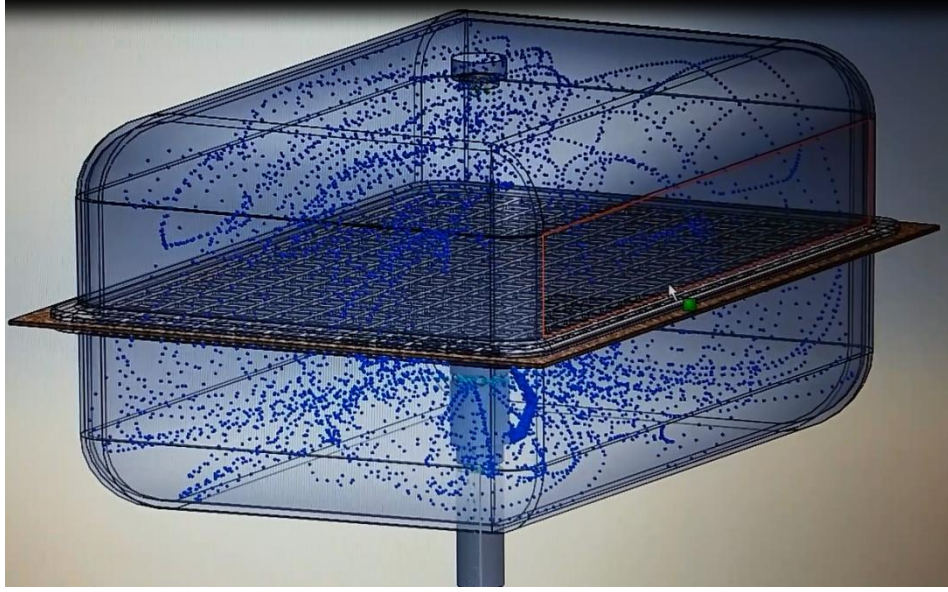
Numunelerdeki % nem oranı, alınan su miktarının nemli kumaş ağırlığına oranının hesaplanması ile bulunmuştur. Kumaş üzerindeki nemlendirme işlemi suyun numune üzerine püskürtülmesi ile yapılmıştır.

Yapılan literatür taraması sonucunda pamuk lifine etki etme derecesi için optimum olarak belirlenen nem değeri %24-30 arası olacak şekilde belirlenmiştir. Dolayısı ile tekrar optimum nem değerinin bulunması ile ilgili denemeler yapılmamış, literatür bilgisi kullanılmıştır.

Ozonlama işlemleri iki cam fanus arasına numunelerin yerleştirilmesi ile yapılmıştır. Tüm ozon testleri laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Ozonlama denemeleri hacmi 140 ml ve yarıçapı 27 mm olan kapalı silindirik cam reaktör içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Opal OS1 model ozon jeneratörü reaksiyonun ihtiyacı olan yüksek saflıktaki oksijenin ozona dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Ozon jeneratörünün kullanımı ve çalıştırılması ile ilgili ayrıntılı bilgi EKLER kısmında “EK A Ozon Makinasının Çalıştırılması” başlığı altında detaylı olarak ele alınmıştır.



**Şekil 3.1:** Pamuk havlu kumaşın cam fanus içerisinde ozonlanması işleminin solid works simülasyon çizim görüntüsü- 1



**Şekil 3.2:** Pamuk havlu kumaşın cam fanus içerisinde ozonlanması işleminin solid works simülasyon çizim görüntüsü- 2

Ozonlama işleminde iki cam fanus arasına yerleştirilen pamuk havlu kumaş numuneleri fanus içerisine ozon gazı dağıtıcısından geçerek beslenen ozon gazı ile temas etmektedir. Sistemin içerisine sürekli ozon gazı beslendiği için üst fanusta basıncı sağlayıcı bir açıklık bulunmaktadır ve bu açıklıktan numune ile temas eden ozon gazı dışarı çıkmakta yerine yeni ozon gazı beslenmektedir. Bahsedilen sistem iki farklı açıdan alınan görüntülerle Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Şekiller ozonlama işleminin Solid Works programı ile çizilmiş ve görüntüleri alınmıştır.

#### **3.2.1.1.1 Numunelerin Hazırlanması:**

Numunelerimiz 13 x 21 cm (işlem göreceklere cam kapların ölçüsüne göre) kesilip, her numunenin etrafı overlok dikiş ile havların dökülmesini engelleyecek şekilde dikilmiştir.

24 saat süresince laboratuvar şartlarında kondisyonlanan ham numune kumaşlarımızın ham ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür.



4 farklı gramajda olan numunelerimizin her gramajından 3 adet numune hazırlanmıştır. Nemlendirme oranı yapılan literatür taraması sonrasında %24-30 olarak belirlenmiş ona göre tüm numunelerde %24-30 oranında ıslaklık elde edilmeye çalışılmıştır.

Öncelikle numunenin kuru ağırlığı alınmıştır. Üzerine eklenecek su miktarı belirlenip, nemli kumaş numunesine su miktarının oranlanması ile % nem oranı belirlenmiştir. Su, püskürtme yöntemine göre numune üzerinde eşit olacak şekilde dağıtılmıştır.

### **3.2.1.1.2 Değişken parametreler:**

Ozon gazı akış hızı: Alt ve üst değer olmak üzere 2 konsantrasyon kullanılmıştır. Bunlar 500 ml/dk ve 1000 ml/dk oranlarında olacak şekilde ayarlanmıştır.

Ozon gazının canlı bir organizma olduğunu düşünürsek, oluştuğu andan itibaren bozunmaya oksijen molekülü haline geçme eğilimindedir. Dolayısı ile ozon gazı akışında gram cinsinden ne kadarlık bir kısmın etkili olduğu konusunda kesin bir şey söylemek mümkün değildir. Dolayısı ile çalışma süresince ozon jeneratöründen çıkan ozon gazının akış hızı olarak bilgiler verilmiş, hesaplamalar yapılmıştır.

İşlem süresi: 5-15-30-45 dakikalar olmak üzere toplamda 4 farklı işlem süresinde gerçekleştirilmiştir.

Kumaş gramajları: Toplamda 4 farklı gramajda kumaşlarımız numune olarak elimizde mevcuttur. Gramaja göre elde edilebilecek değerlerin farklılıkları incelenecektir.

Üretilen bu ham kumaşların her biri için 2 ayrı proses uygulanmıştır. Birinci proses işlemi olarak ham pamuklu havlu numuneler ozon ile muamele edilmiştir. İkinci proses işleminde ise ham dokuma havlu kumaşlar geleneksel yöntemlere göre haşıl sökme ve hidrofilleştirme işlemine tabii tutulmuş.

### 3.2.1.2 Konvansiyonel Yöntem ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulanması

Konvansiyonel yönteme göre yapılacak olan haşıl sökme işlemi öncesinde küçük ebatlarda kumaşlar hazırlanıp ön deneme haşıl sökme işlemi gerçekleştirilmiştir. Numuneler 10 g olacak şekilde hazırlanmıştır. Laboratuvar şartlarında kondisyonlandıktan sonra aşağıdaki reçeteye göre işleme tabii tutulmuştur:

1:20 oranında banyo içerisinde üç adımda gerçekleştirilmiştir.

1. Adım: %1,5 ml/l'lik Haşıl söküm enzimi ile 60°C'de 15 dakika işlenmiştir.
2. Adım: 95°C'de 5 dakika durulama işlemi gerçekleştirilmiştir.
3. Adım: %1,5 ml/l'lik dispergator/iyon tutucu 60°C'de 15 dakika uygulanmıştır.

Numuneler akan su altında durulandıktan sonra kurutulmuştur. Haşıl sökme işleminin gerçekleşip gerçekleşmediğini anlamak için numune kumaş üzerine KI<sub>2</sub> (potasyum iyodür) çözeltisinden damlatılıp haşıl tayini yapılmıştır. Numune kumaşın çeşitli noktalarına damlatılan çözeltinin damladığı yerde meydana gelen renk değişimi, kumaş üzerinde ki haşılın sökölüp sökölmediğine dair bilgi vermektedir.

Yüzeyde koyu mavi renk oluşması, kumaşta sökölmemiş nişasta haşılının çok olduğu anlamına gelmektedir. Renk mavinin açık tonlarına doğru gittikçe yüzeyde çok az nişasta bulunuyor demektir. Yüzey mor renk ise, nişastanın parçalanması ile oluşan maddeler olan dekstrin, glikoz vs. nin hala bez üzerinde bulunduğunu göstermektedir. Eğer renk sarı oluyorsa haşılın kumaştan tamamen sökölüğünü ve parçalanma ürünlerinin kumaştan uzaklaşmış olduğunu göstermektedir. ([www.kimyaevi.org](http://www.kimyaevi.org))

Numunede damlanın olduğu bölge sarı renk almıştır. Dolayısı ile kumaş üzerindeki haşıl maddesinin giderildiği geleneksel yönteme göre yapılan haşıl sökme işleminin gerçekleştiği anlaşılmıştır.



**Şekil 3.3:** 350 g/m<sup>2</sup> numune



**Şekil 3.4:** 400 g/m<sup>2</sup> numune



**Şekil 3.5:** 450 g/m<sup>2</sup> numune



**Şekil 3.6:** 500 g/m<sup>2</sup> numune

### 3.2.1.3 Pamuk Havlu Kumaşa Konvansiyonel Yönteme Göre Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşleminin Uygulanması

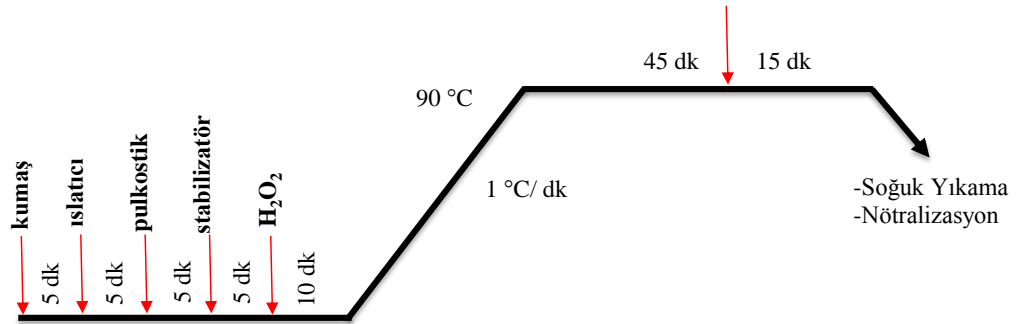
Ağartma işlemi ham pamuklu mamullerin sarımtırak rengini gidermek için yapılmaktadır. Ağartma aynı zamanda boyama işleminde boyama verimini ve özellikle açık tonlarda istenilen rengi elde edebilmede etkili olan en önemli ön terbiye işlemlerindendir. Bu işlemle pamuklu mamulün hidrofilliği de artırılmış olur.

Ağartma için kullanılan maddeler, lif içerisindeki renk bileşikleri ile tepkimeye girerler ve onları temiz hale getirirler. Pamuklu mamullerin ağartılmaları esas olarak yükseltgen (oksidatif) etki gösteren maddelerle yapılır. Pamuklu mamullerin ağartılmasında kullanılan en önemli maddeler şunlardır:

- $H_2O_2$  ve  $Na_2O_2$  (Hidrojen peroksit ve sodyum peroksit)
- $NaOCl$  (sodyum hipoklorit )
- $NaClO_2$  (sodyum klorit)

Bunlardan en yaygın kullanılan hidrojen peroksit ağartmasıdır. Çünkü hidrojen peroksit hem soğuk hem de sıcak yöntemlerde kullanılabilir. Ağartma asidik ya da bazik çözeltilerle yapılabilse de peroksitlerle ağartma, genellikle bazik ortamda pH 10-12'de ve kaynama sıcaklığında yapılır. Ağartma sonrası anti-peroksit enzimleri kullanılarak banyoda ve mamul üzerinde kalan  $H_2O_2$  uzaklaştırılır.

Pamuklu kumaş hidrojen peroksit ile aşağıdaki diyagrama göre ağartılır:



Şekil 3.7 : Pamuklu kumaş ağartma reçete diyagramı

Hidrojen peroksit ile pamuklu mamülün ağartılması uygulamasında kullanılan reçete:

- 40 g havlu kumaş (her gramajdan 10 g'lık numuneler hazırlandı ve aynı banyo içerisinde muamele edildi)
- 1:20 flotte oranı
- 2 ml/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%50'lik)
- 4 ml/l Stabilizatör
- 2 g/l Islatici
- 2 g/l pulkostik
- 120 dk süre

Çalışmada 4 farklı gramajdaki havlu kumaş numuneleri incelenmiştir. Tüm numune kumaşlara hidrojen peroksit ile ağartma işlemi uygulanmıştır.

Ağartma işlemi yaptığımız pamuk havlu kumaşlar tartılarak numuneler hazırlanmıştır. Reçetede bulunan kimyasal madde miktarları flotte oranına göre hesaplanmıştır. Hesaplanan kimyasal maddelerin tartımları yapılmıştır. Tartımı yapılan kimyasal maddeler ile ağartma flottesini hazırlanmıştır. Diyagrama göre ağartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ağartma işlemi sonrasında kumaşlar durulanmıştır. Numuneler etüve yerleştirilerek kurutulmuştur. Kuruyan numuneler laboratuvar şartlarında kondisyonlandıktan sonra spektrofotometrede renk ölçümleri yapılmıştır.

#### **3.2.1.4 Ozonlama ve Konvansiyonel Ağartma Deneyleri Sonrası Testlerin Uygulanması**

Ozonlama işlemleri sonrası her bir numune için aşındırma, hidrofilite ve yırtılma mukavemeti testleri yapılmış, geleneksel yöntemle göre haşıl sökme işlemi uygulanmış ham pamuk havlu dokuma kumaşa kıyasla yapılan bu değerlendirmelerdeki değişimler incelenmiştir. Aşındırma testleri ile ilgili yapılan araştırmalar ve deney sonuçları EKLER kısmında “EK B Ozonlama ile Haşıl Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Aşındırma Mukavemeti Test Sonuçlarının

Değerlendirilmesi” başlığı ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre yorum yapılmıştır.

### **3.2.1.5 Ozonlanmış Pamuk Havlu Kumaşların Su Emiciliği Derecesi Ölçümleri**

Ozonla işlem proseslerinden sonra her bir numunenin hidrofil olup olmadığını TS 866 standardına göre, su üzerinde pamuklu mamülün suyu tamamen emerek, suya batma süresinin tayinine dayanarak yapılmıştır. Deney numunesi olan kumaşlar 7,5 x 7,5 cm boyutunda kesilmiştir. Numuneler standart atmosfer koşullarında 20°C sıcaklık, %65 bağıl nemde 12-24 saat arasında kondisyonlanmıştır. Numuneler kirletilmeden hassas ve titiz bir şekilde saklanmıştır.

Ağız geniş bir behere 21°C +/- 3°C’deki damıtık su konulmuştur. Kumaş deney numuneleri behere düştüğünde, yalnız bir yüzeyinin tamamı suya değecek şekilde yatay olarak 10 +/- 3 mm yükseklikten beher içindeki damıtık suya bırakılmıştır. Suya değdikleri anda kronometre çalıştırılmıştır.

Deney numunelerinin suyu tamamen emerek battığı anda, kronometre durdurularak batma süreleri ölçülmüştür. Batma süresi 50 sn den daha az olan havlulara hidrofildir diyebiliriz.

### **3.2.1.6 Ozonlanmış Pamuk Havlu Dokuma Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Derecesi Ölçümleri**

Yırtılma mukavemeti; kumaştaki herhangi bir delik veya yırtığa uygulanmış yanal çekme kuvvetine karşı, kumaşın gösterdiği direnç yani kumaşın yırtılmaya karşı dayanma kabiliyeti olarak ifade edilmektedir. Pek çok ürün kullanımları sırasında uzunlamasına kuvvetlerden daha çok yanal yöndeki kuvvetlerin etkisi altındadır. O yüzden kumaşların faydalı olarak kullanılabilmesi için, yırtılma mukavemeti kopma mukavemetinden daha önemlidir. (Kahvecioğlu, H., 2006).

Yırtılma mukavemeti belirli koşullar altında bir yırtığı başlatmak, sürdürmek veya yaymak için gereken karşı koyma kuvvetidir. N, kgf gibi kuvvet birimleriyle ifade edilir.

Yırtılmaya karşı dayanıklılık genelde tüm kumaşlarda istenir. Özellikle dış giyimde kullanılan kumaşlar, gömleklikler, teknik kumaşlar için oldukça önemlidir. Kolay yırtılan sargı bezleri, bantlar vb. tipi kumaşlar dışında kolay yırtılan kumaşlara kalitesiz gözüyle bakılır. Genelde yırtılmış olan bir giysi veya kumaş kullanıcı için önemini büyük çapta kaybeder.

Yırtılma mukavemeti atkı ve çözgü yönünde dayanıklı iplik yapılarında mukavemetli lifler kullanılarak artırılabilir. Ancak yırtılma mukavemeti kumaş içerisindeki ipliğin hareket edebilme kabiliyeti ile de ilgilidir. Bu nedenle gevşek kumaş yapıları daha fazla ipliğin kaymasına ve hareket etmesine neden olduğu için yüksek yırtılma dayanımı sağlarlar. Aynı kumaşın yırtılma mukavemet değerleri kopma mukavemet değerleri ile kıyaslandığında daha düşük sonuçlar vermektedir.

Yırtılma mukavemeti ölçümünde kumaş kopma mukavemeti ölçülmesinde kullanılan cihazlardan yararlanılabilir. Genellikle numune uzama hızı sabit olan CRE tipi, kuvvet-uzama grafiğini veren çekme cihazları kullanılır.

Yırtılma dayanımı atkı ve çözgü doğrultusunda ayrı ayrı, en az 5 deney numunesi ile yapılır. Uzunluğu çözgüye paralel olan deney parçaları için yırtılma doğrultusu “atkı boyuna” ve uzun kenarı atkıya paralel olan deney parçaları için yırtılma “çözgü boyuna” olarak tanımlanır. Numune alırken, çözgü yönündeki numuneler için her birinde değişik çözgü iplikleri olacak biçimde, atkı yönündeki numuneler için her birinde değişik bobinlerden gelen atkı iplikleri bulunacak biçimde alınmasına ve kumaşın katlanmış, kırışık yerlerinden ve kumaş kenarlarından alınmamasına özen gösterilmelidir.

Yırtılma mukavemeti test yöntemleri 4 grupta incelenebilir:

1. Tek Yırtma Metodu (Pantolon biçimindeki deney numunelerinin yırtılma kuvvetinin tayini)
2. Tek Yırtma Metodu (Kanat biçimindeki deney numunelerinin yırtılma kuvvetinin tayini)

3. Çift Yırtma Metodu (Dil şeklindeki deney numunelerinin yırtılma kuvvetinin tayini)
4. Sarkaç Metodu (Elmendorf) (Özdil, N., 2003).

### 3.2.1.6.1 Sarkaç Metodu ile Yırtılma Mukavemetinin Tayini (Elmendorf aleti ile)

İlk olarak kağıtlar için geliştirilmiş olan Elmendorf cihazı daha sonra tekstiller için adapte edilmiştir. Bu metotta, üzerinde önceden kesilmiş bir çentik bulunan dikdörtgen şeklinde hazırlanan numune, bir sarkaç tarafından yırtılma kuvvetine maruz bırakılır (ISO 13937-1). Cihazda sabit çene cihaz kaidesine, hareketli çene ise yerçekimi etkisi ile aşağıya doğru serbest salınım yapabilen bir sarkaca tutturulmuştur.

Test numuneleri  $80_{\pm 2}$  mm boyunda  $60_{\pm 2}$  mm eninde hazırlanır. Çözümlü yönü için numunelerin kısa kenar tarafı atkı ipliklerine paralel, atkı yönü için çözümlü ipliklerine paralel olarak atılmalıdır. Numunenin alt orta kısmından  $20_{\pm 0,5}$  mm'lik bir çentik açılır. Bu çentik numune alete yerleştirildikten sonra aletin bıçağı ile de yapılabilir. Yırtılma uzunluğu  $43_{\pm 0,5}$  mm uzunluğundadır.

Yırtılma ölçüm skalasının %20 ile %80 arasında olacak şekilde cihazın kapasitesi ayarlanır. Mekanik cihazlarda kapasite artırma sarkaca ilave edilen daire dilimi şeklindeki kütlelerle sağlanır. Daha ağır bir sarkaç test sırasında daha fazla kuvvet sağlar.

**Tablo 6:** Yırtılma Mukavemeti Kapasitesi (mN)

Sarkaç	Yırtılma Mukavemeti Kapasitesi mN
A-Hafif	8000
B-Orta	16000
C-Ağır	32000
D-Ekstra Ağır	64000



Sarkaç başlangıç pozisyonuna yükseltilecek şekilde sabitlenir. Numune uzun kenarları tutucu çenelerin üst kenarına paralel olacak şekilde tutucu çenelere yerleştirilir. Bıçak kullanılarak girintinin tam karşısındaki kenardan, girinti ile arasında  $43_{\pm 0,5}$  mm mesafe kalacak şekilde bir çentik atılır. Daire dilimli sarkaç numuneyi yırtması için serbest bırakılır. Yırtma kuvveti Newton cinsinden cihaz skalasından veya göstergesinden okunur. Kullanılan cihaz türüne bağlı olarak Newton biriminden farklı bir birime uygun olarak kalibre edilmiş skala ile çalışan cihazlarda, Newton cinsinden sonuç elde etmek için uygun bir katsayı ile çarpılabilir. Atkı ve çözgü yönünde 5 ayrı deneme yapılır ve bu değerlerin ortalaması ortalama yırtılma mukavemeti olarak verilir. Yırtılma gerçekleştirildikten sonra sarkaç elle tutularak başlangıç pozisyonunda sabitlenir (Özgül, N., 2003).

## 4. BULGULAR

### 4.1 Ozonlama ile Numunelere Haşıl Sökme İşlemi Uygulamasına Bağlı Hidrofilite Test Sonuçları

**Tablo 7:** Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Çizelgesi

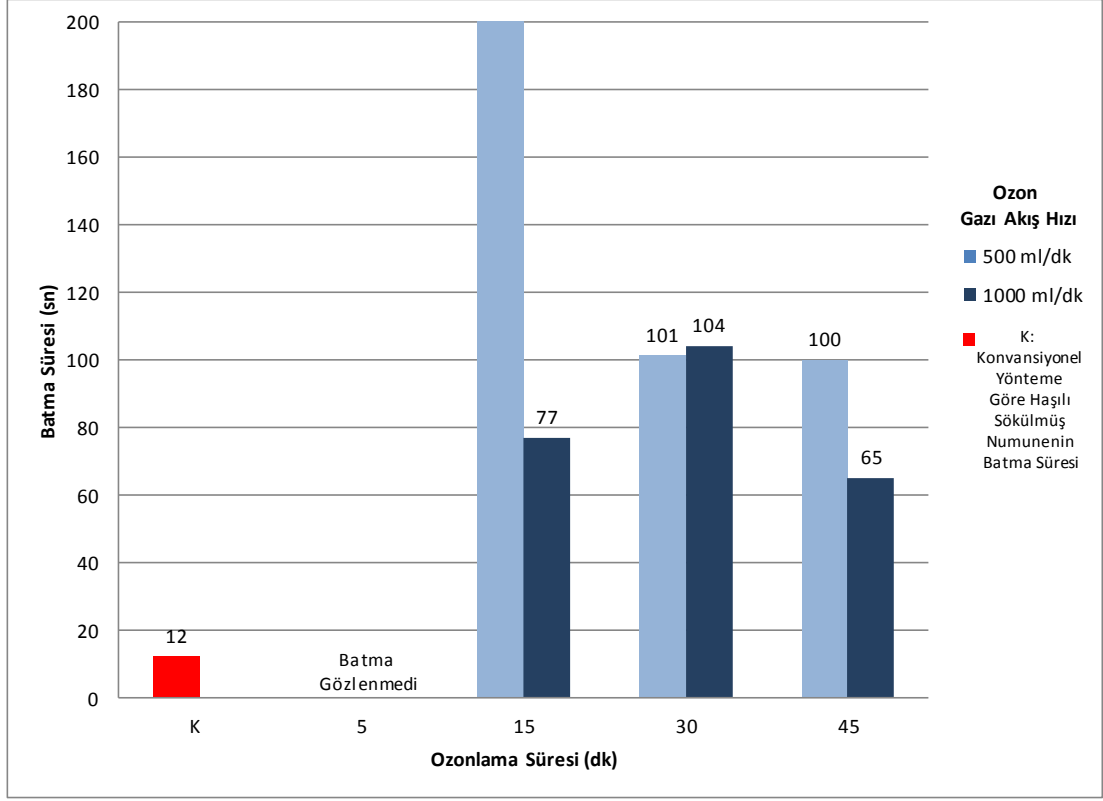
Numune No	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Miktarı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	Batma Süresi (dk,Sn,Sl)	Toplam Batma Süresi (Sn)
1	350	500	5	-	-
2	350	500	15	28,16,90	1697
3	350	500	30	01,40,82	101
4	350	500	45	01,39,81	100
1	350	1000	5	-	-
2	350	1000	15	01,17,10	77
3	350	1000	30	01,43,90	104
4	350	1000	45	01,05,16	65
1	400	500	5	-	-
2	400	500	15	01,28,24	88
3	400	500	30	00,44,10	44
4	400	500	45	00,37,26	37
1	400	1000	5	-	-
2	400	1000	15	02,10,36	130
3	400	1000	30	00,29,72	30
4	400	1000	45	00,20,60	21
1	450	500	5	-	-
2	450	500	15	08,30,81	511
3	450	500	30	00,35,82	36
4	450	500	45	00,23,07	23
1	450	1000	5	-	-
2	450	1000	15	01,55,14	115
3	450	1000	30	01,32,73	93
4	450	1000	45	00,28,36	28
1	500	500	5	-	-
2	500	500	15	02,52,43	173
3	500	500	30	01,06,60	66

4	500	500	45	00,25,62	26
1	500	1000	5	-	-
2	500	1000	15	01,36,10	96
3	500	1000	30	00,20,69	21
4	500	1000	45	00,42,63	43

Yapılan deneysel çalışmada ozonlama işlemi sonrası ozonlama konsantrasyonu ve süresine bağlı olarak numune kumaşlar üzerinde bulunan haşıl maddesinin giderildiği tespit edilmiştir. Çalışmada 4 farklı gramajdaki havlu kumaş numuneleri %24-30 oranında nemlendirilip, kondisyonlandıktan sonra 2 farklı ozon gazı akışında 4 farklı sürede ozonlama işlemine maruz bırakılmıştır. Denemeler 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Kumaşlar üzerinde bulunan haşıl maddesinin ozon ile giderilip giderilemediğinin incelenmesi ve havlu kumaş numunelerinin hidrofilite değerlerinin belirlenmesi için numunelere batma testi uygulanmıştır. Yapılan test sonuçları yukarıdaki çizelgede belirtilmiştir. Ozonlama süresinin artması ile batma süresinin orantılı olduğu tespit edilmiştir. Ozonlama süresi arttıkça batma süresi kısalmıştır. Ozonlama konsantrasyonunda meydana gelen artışın batma süresini ozonlama süresi ile aynı şekilde etkilediği görülmüştür. Ozonlama konsantrasyonu arttıkça batma süresi kısalmıştır.

Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Excel programı ile grafiğe dökülmüştür. Çıkan sonuçların analizi grafiklerden yola çıkılarak yapılmıştır. Batma süreleri tüm grafiklerde saniye olarak gösterilmiştir.

#### 4.1.1 350 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

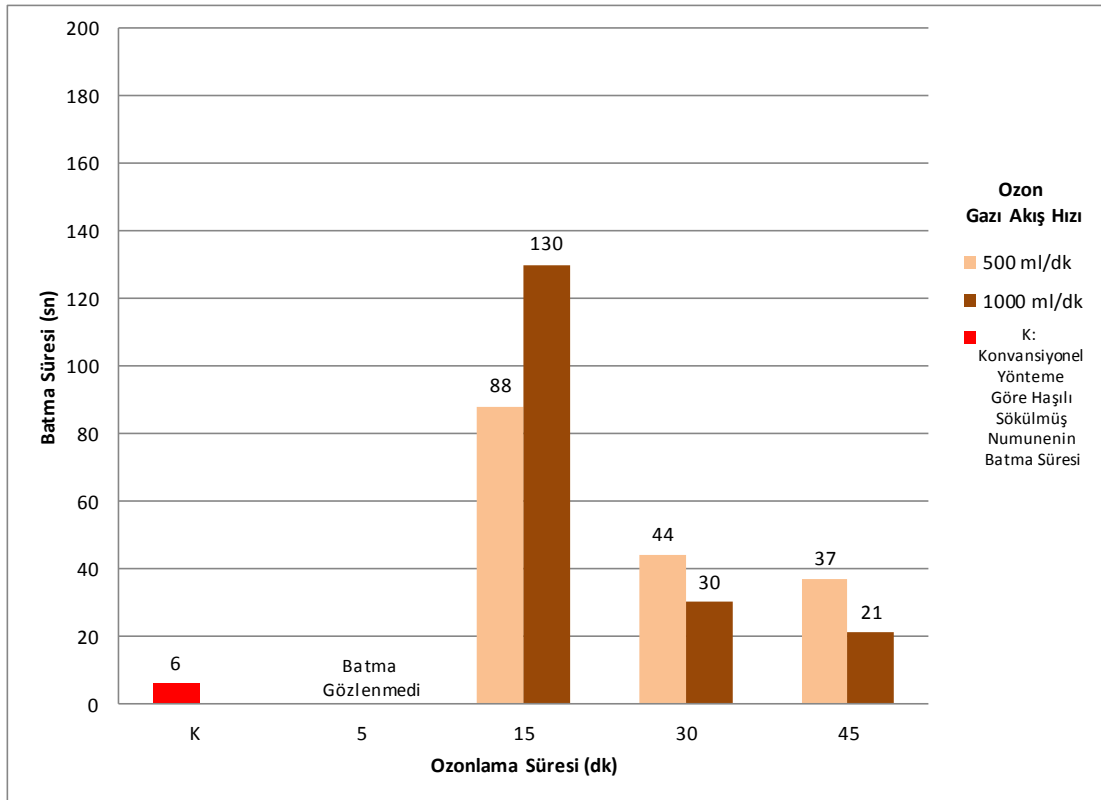


Şekil 4.1: 350 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği

350 g/m<sup>2</sup>'lik gramaj ile havlu numune kumaşlar içerisinde en düşük gramaja sahip olan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda ozonlama işleminin haşıl giderimi ve kumaşın hidrofil hale gelmesi durumlarıyla yakından alakalı olduğu tespit edilmiştir. Ozon gazı akış göstergesi 500 ml/dk'yı gösterdiğinde ham havlu kumaş numuneleri üzerinden haşıl giderimi için 5 ve 15 dakikalık sürenin yeterli olmadığı görülmüştür. Haşıl maddesi uzaklaştırılmayan kumaş numuneleri batma testi sırasında su yüzeyinde kalmıştır. 30 ve 45 dakikalık sürelerde ise batma süresinin daha kısa olduğu fakat hidrofillik derecesinin hala yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Numunelerin ozon ile maruz kaldığı süre arttıkça batma süresi kısalmıştır. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına çıkıldığında haşıl giderimi için yeterli düzeye yaklaşmış, kumaşın hidrofil hale getirilebileceği ile ilgili sonuçlar tespit edilmiştir. 1000 ml/dk'lık akış hızında 15 dakikalık işlem süresinde

elde edilen sonucun 500 ml/dk'lık akış hızında 45 dakikalık işlem süresinde olduğundan daha iyi olduğu grafikten görülmektedir. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akışı ile muamele edilen numunelerin batma sürelerinin kısaldığı, kumaş üzerindeki haşıl maddesinin daha fazla oranlarda giderilebildiği belirlenmiştir. 45 dakikalık işlem süresi sonrasında kumaş neredeyse hidrofil hale gelmiştir. Ozonlama süresinin 15 dakika, ozon gazı akış hızının 500 ml/dk olduğu şartlarda ozonlama işlemine tabii tutulan numunenin batma süresi 1697 saniye olarak tespit edilmiştir. Tüm grafiklerde verilerin anlaşılır olabilmesi adına üst değer aralığı 200 sn olacak şekilde sabitlenmiştir. Dolayısı ile Şekil 4.1'de belirtilen değer üst sınır olarak gösterilmiştir.

#### 4.1.2 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

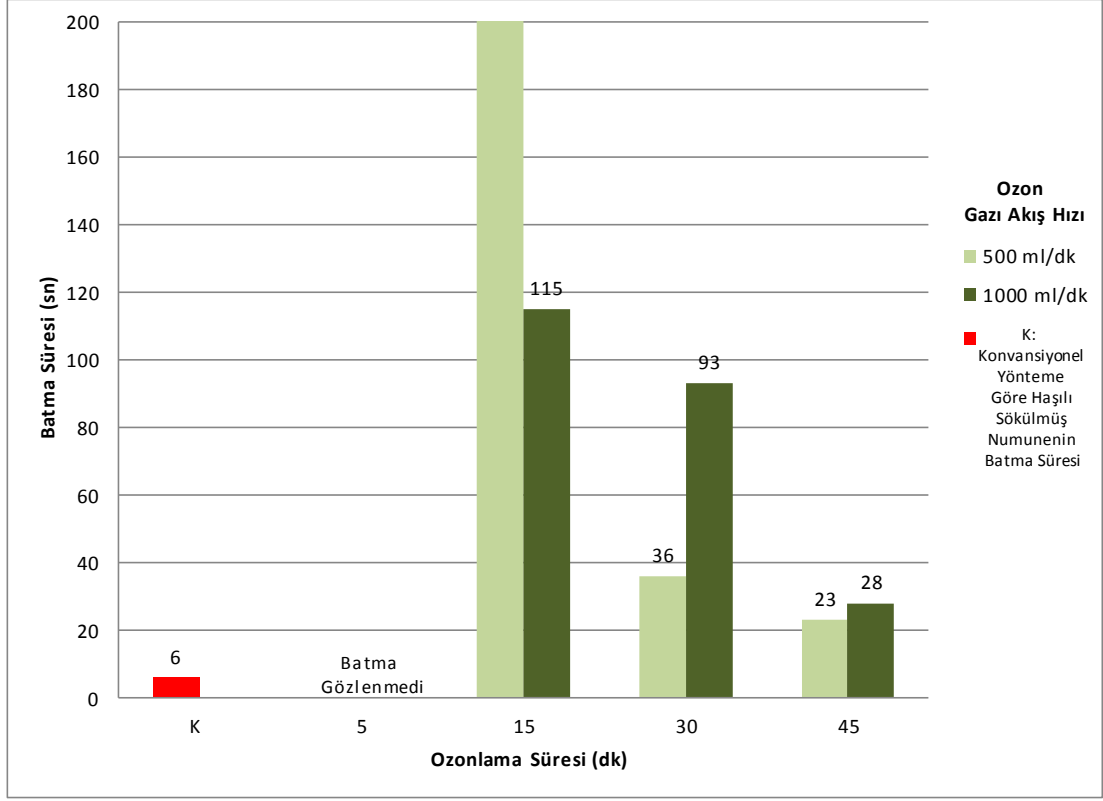


Şekil 4.2: 400 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği

400 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda ozonlama işleminin haşıl giderimi ve kumaşın hidrofil hale gelmesi durumlarıyla

alakalı sonuçlar Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Numuneler üzerinden haşıl maddesinin ozon gazı yardımı ile uzaklaştırılması için 5 ve 15 dakikalık işlem sürelerinin her iki ozon gazı akış hızında da yeterli olmadığı görülmüştür. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde numune kumaş üzerindeki haşıl maddesinin ozon gazı ile etkileşime girerek giderilebildiği ve dolayısı ile kumaşın hidrofilye hale getirilebilmesi için yeterli olduğu tespit edilmiştir. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında işlem süresinin 45 dakika olduğu denemede numunenin batma süresinin 30 dakikalık işleme tabii tutulan numune ile karşılaştırıldığında daha hızlı olduğu görülmüştür, dolayısı ile numune üzerindeki haşıl maddesinin giderimi için 45 dakikalık işlem süresinin hidrofilye değerini arttırdığı tespit edilmiştir. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında işlem süresinin uzatılması numune kumaşın daha kısa sürede su çekebilmesini sağladığı görülmüştür. Ozon gazı akış hızının 1000 ml/dk’ya çıkarılması durumunda 30 ve 45 dakikalık işlem sürelerinde numune kumaşların hidrofilye hale geldiği görülmüştür. 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış denemelerinde 45 dakikalık işlem süresinde elde edilen batma süresinin 30 dakikalık işlem süresinde elde edilen değerden daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile işlem süresi 30 dakikadan 45 dakikaya çıkarıldığında ozon gazının numune üzerindeki haşıl maddesi ile olan etkileşimi artmakta ve böylelikle 45 dakikalık işleme tabii tutulan numunenin hidrofilye derecesi artmaktadır.

### 4.1.3 450 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

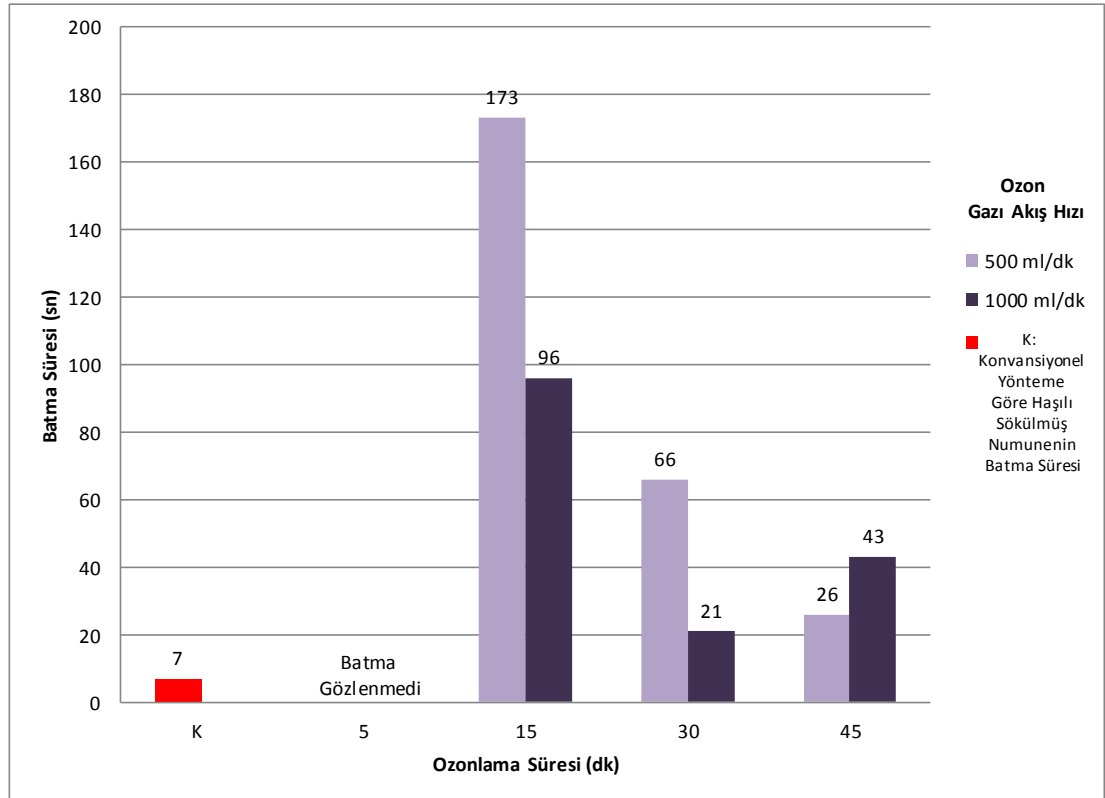


Şekil 4.3: 450 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği

450 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda ozonlama işleminin haşıl giderimi ve kumaşın hidrofil hale gelmesi durumlarıyla alakalı sonuçları Şekil 4.3'te gösterilmiştir. 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında numune kumaşlardan haşıl maddesinin giderimi için 5 ve 15 dakikalık işlem sürelerinin yeterli olmadığı görülmüştür. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde numunenin suda batma süresi incelendiğinde numunenin hidrofil hale geldiğini ve üzerindeki haşıl maddesinin ozon gazı ile yeterli düzeyde giderilebildiği görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında işlem süresi 45 dakikaya çıktığında ise numunenin suda batma süresi kısalmıştır. Dolayısı ile 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında ozonlama süresinin 30 dakikadan 45 dakikaya çıkarılması numune üzerinden haşıl maddesinin daha fazla oranda giderilmesine sebep olduğu tespit edilmiştir. Aynı ozon gazı akış miktarında ozonlama süresi arttıkça numunenin hidrofillik derecesinin artmıştır. 1000 ml/dk'lık

ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde numunenin hidrofıl hale gelemediği tespit edilmiştir. Fakat ozonla işlem süresinin 45 dakikaya çıktığı numunede elde edilen batma süresinin hidrofilliği sağladığını göstermektedir. Ozonlama süresinin 15 dakika, ozon gazı akış hızının 500 ml/dk olduğu şartlarda ozonlama işlemine tabii tutulan numunenin batma süresi 511 saniye olarak tespit edilmiştir. Tüm grafiklerde verilerin anlaşılır olabilmesi adına üst değer aralığı 200 sn olacak şekilde sabitlenmiştir. Dolayısı ile Şekil 4.3'de belirtilen değer üst sınır olarak gösterilmiştir.

#### 4.1.4 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları



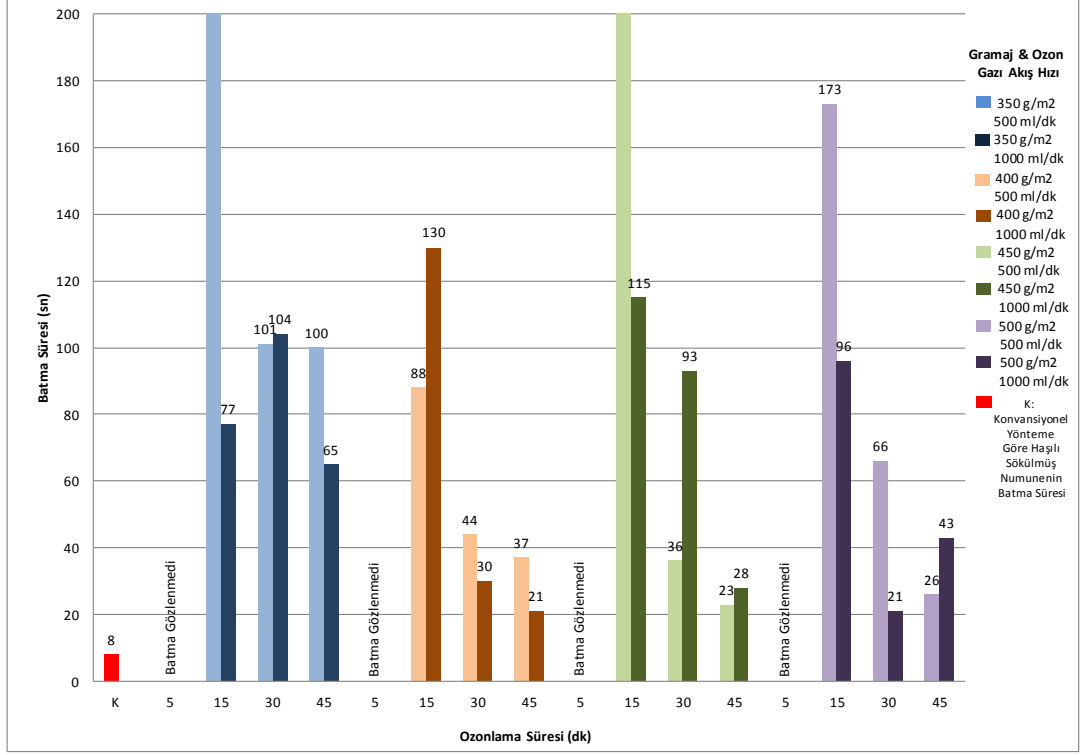
Şekil 4.4: 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği

500 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda ozonlama işleminin haşıl giderimi ve kumaşın hidrofıl hale gelmesi durumlarıyla alakalı sonuçları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı



akış hızında numune kumaşlardan haşıl maddesinin giderimi için 5 ve 15 dakikalık işlem sürelerinin yeterli olmadığı görülmüştür. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde numune hidrofilye hale gelememiştir. Suyu emme süresi hidrofilye olarak kabul edilebileceği değere yakın ölçülmüştür. Fakat elde edilen sonuca göre batma süresi 62 saniye olarak ölçülmüştür. Havlu kumaşların hidrofilye sayılabilmesi için 50 saniyeden daha kısa sürede su içerisine batması gerekliliğinden dolayı 500 g/m<sup>2</sup> gramajında 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde numune suyu emmiş fakat tam manasıyla hidrofilye hale gelememiştir. Ozonlama işlem süresinin 45 dakikaya çıkarıldığı denemede numunenin suya batma süresi daha az olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla ile ozonlama süresi arttıkça hidrofilye derecesinin arttığı görülmektedir. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık ozonlama işlem süresinde numunenin hidrofilye hale geldiği tespit edilmişti. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında elde edilen batma süresi numunenin hidrofilye hale geldiğinin göstergesidir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 45 dakikalık işlem süresinde elde edilen batma süresi ile 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde elde edilen batma süresi birbirine çok yakındır. Dolayısıyla ile hidrofilye yüksek konsantrasyondaki ozonlama ile daha kısa sürede aynı verim elde edilebilmektedir.

#### 4.1.5 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajlarında Numunelerin Ozonlama Süresine Göre Batma Süresi Değişiminin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları



Şekil 4.5: 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama süresine göre batma süresi değişim grafiği

4 farklı gramajda dokutulan numune kumaşlar 2 farklı ozon gazı akış hızında 4 farklı işlem süresinde ozonla muamele edilmiştir. Muamele sonrasında numunelerin her birine batma testi uygulanmıştır. Numune kumaşların batma sürelerine göre hidrofilye olup olmadıkları belirlenmiştir. Şekil 4.5'te görüldüğü üzere hidrofilye olma derecesi ozon gazı akış hızının artışına ve işlem süresinin uzunluğuna göre farklılık göstermektedir. Ozon gazı akış hızındaki artış numunenin hidrofilye olma derecesini artırmaktadır. Tüm numune grupları incelendiğinde aynı gramajda olan havlu kumaşların 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında gösterdikleri hidrofilye derecesi 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında gösterdiğinden daha fazladır. Ozonlama işlem süreleri incelendiğinde her gramaj çeşidinde 45 dakikalık işlem süresinde işlenen numunelerin en hidrofilye olduğu tespit edilmiştir. 400 g/m<sup>2</sup>

gramajında 1000 ml/dk'lık ozon gazı akışında 45 dakikalık işlem süresinde 20,69 saniyelik batma süresi ile en iyi su emme derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak grafiğe bakıldığında ise havlu kumaş gramajı arttıkça batma sürelerinde düşüş dolayısı ile hidrofilye olma derecesinde artış görülmektedir. Ozonlama süresinin 15 dakika, ozon gazı akış hızınının 500 ml/dk olduğu şartlarda ozonlama işlemine tabii tutulan 350 ve 400 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numunelerinin batma süreleri sırasıyla 1697 saniye ve 511 saniye olarak tespit edilmiştir. Tüm grafiklerde verilerin anlaşılır olabilmesi adına üst değer aralığı 200 sn olacak şekilde sabitlenmiştir. Dolayısı ile Şekil 4.5'de belirtilen değerler üst sınır olarak gösterilmiştir.

#### 4.1.6 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Farklı Nem Oranları ile Nemlendirilmiş ve Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 8:** Farklı Nem Oranları ile Nemlendirilmiş ve Ozonlanmış Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süre Çizelgesi

Numune No	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	Batma Süresi (dk,Sn,Sl)	Toplam Batma Süresi (Sn)
%50 nem	400	1000	5	-	-
%50 nem	400	1000	15	-	-
%80 nem	400	1000	5	-	-
%80 nem	400	1000	15	-	-

Tekstil yüzeyinde ozonun etkin hale gelebilmesi ve tekstil yüzeyinde ozonun etkisini görebilmek için yüzeyin bir miktar nemlendirilmesi gerekmektedir. Laboratuvar çalışmaları sırasında hiç nemlendirilmemiş pamuk havlu kumaşın ozonlama işlemi sonrasında kumaş yüzeyinde renk koyulaşmaları yanık gibi etkiler gözlenmiştir. Dolayısı ile pamuklu kumaş numuneleri için literatürden edinilen bilgiye göre %24-30 oranında numuneler nemlendirilerek denemeler yapılmıştır.

Nemlendirme derecesinin belirli bir noktaya kadar fayda sağladığını, optimum değer aşıldığında ise su moleküllerininin pamuk lifi ile ozon gazı arasında

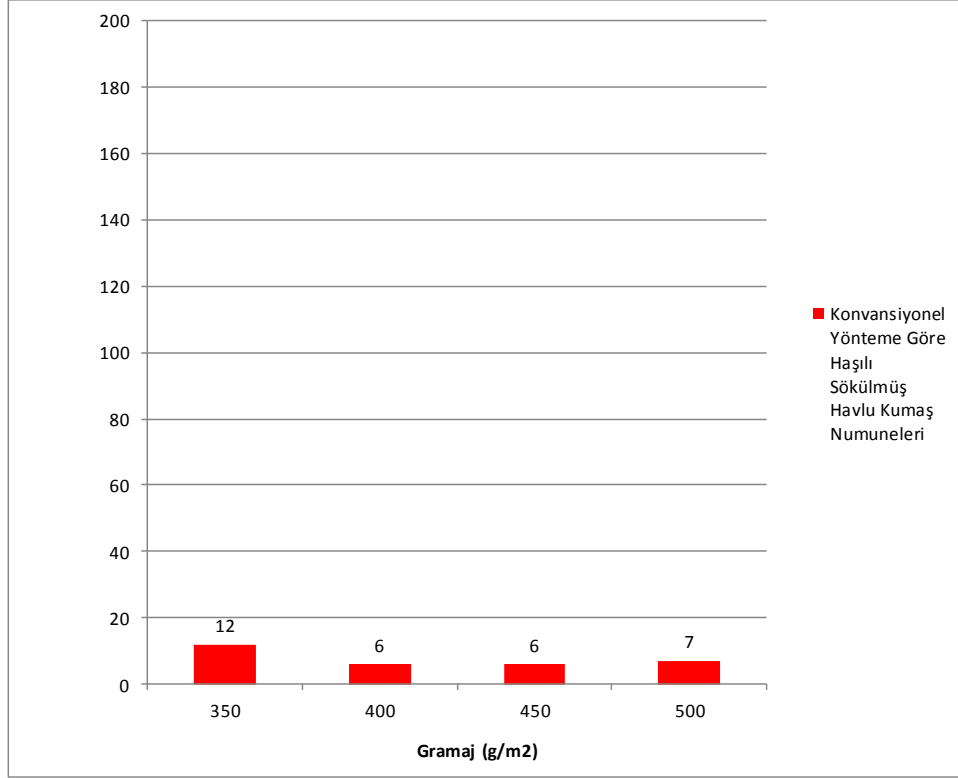
bariyer etkisi gösterdiği, life kararsız olan ozon gazı etki edemeden su molekülü içerisinde ki oksijen atomu ile bileşik oluşturup yok olduğu bilinmektedir.

Pamuk havlu kumaş numuneleri %50 oranında nemlendirilerek 5 ve 15 dakikalık işlem sürelerinde 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında işlenmiştir. Numuneler daha sonra batma testine tabii tutulduğunda 5 dakikalık ve 15 dakikalık işlem süresine sahip olan numunelerin su yüzeyinde kaldığı, kesinlikle batmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısı ile %50 oranındaki nem değerinin pamuk havlu kumaşlar için optimum şartın üzerinde olduğu, verimli ozonlama şartlarını sağlamadığını göstermektedir. %80 oranında nemlendirdiğimiz kumaş numunelerinde de aynı sonuç ortaya çıkmıştır. Numune kumaş üzerinden neredeyse damlama formuna geçecek kadar doygunluğa ulaşmış olan nem değeri pamuk liflerinin etrafının neredeyse tamamını su ile kaplandığını dolayısı ile ozon gazının lif ile temas edemediğini göstermektedir. Numune kumaşlara ozon gazının etki edememesi neticesinde haşıl maddesi uzaklaştırılamamıştır. Haşıl maddesi uzaklaştırılamayan numunelerde hidrofilleşme sağlanamamıştır. Batma testinde de kumaşlar suyu çekememiş ve yüzeyde kalmışlardır.

#### **4.1.7 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Konvansiyonel Yöntem İle Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları**

**Tablo 9:** Konvansiyonel Yöntem İle Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş Numunelerin Belirlenen Hidrofilite Değerleri İçin Ölçülen Batma Süresi Çizelgesi

<b>Numune</b>	<b>Gramaj (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Batma Süresi (Sn)</b>
Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş	350	12
Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş	400	6
Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş	450	6
Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş Havlu Kumaş	500	7



**Şekil 4.6:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin konvansiyonel yöntem ile haşılı sökülmüş havlu kumaş numunelerin belirlenen hidrofilite değerleri için ölçülen batma Süresine göre batma süresi değişim grafiği

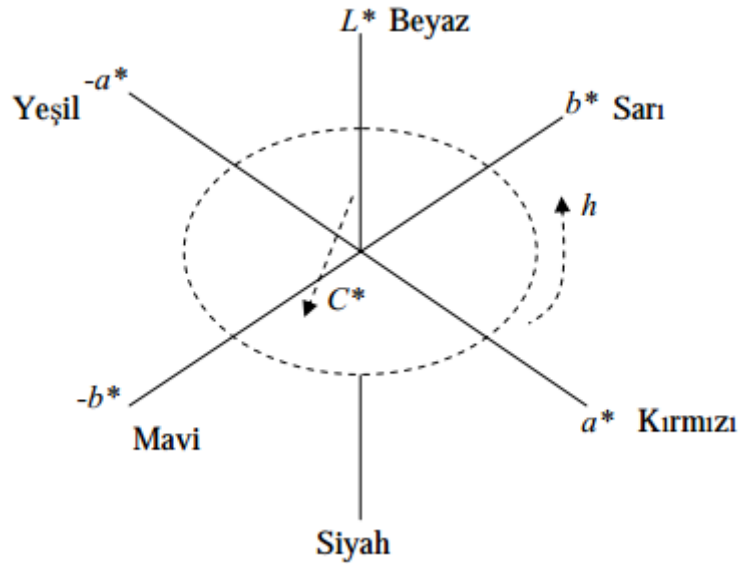
Konvansiyonel yönteme göre haşılı sökülmüş havlu kumaş numunelerinin batma testine göre batma süreleri Şekil 4.6'da gösterildiği gibidir. Tüm numuneler hidrofil hale gelmiştir. Numune kumaşların üzerine potasyum iyodür çözeltisi damlatılarak haşılın giderilip giderilmediği kontrol edilmiştir. Elde edilen renk değişimine göre haşıl maddesinin giderildiği tespit edilmiştir.

4 farklı gramajda da hidrofil halin sağlanması ile birlikte numunelerin en kısa sürede su emme eğiliminde olduğu numuneler 400 g/m<sup>2</sup> ve 450 g/m<sup>2</sup> ağırlığında olan numunelerdir. Konvansiyonel yönteme göre haşıl maddesi giderilmiş numuneler ozonlanmış numunelere oranla çok daha kısa sürede su çekebilme özelliğine sahiptirler. Ozonlama yöntemine göre yapılan denemelerde ise konvansiyonel yöntemde elde edilen sonuçlara yaklaşılmıştır. Çalışmaların derinliğinin artırılması sonucunda aynı ve hatta daha iyi sonuçların alınması beklenmektedir.

## 4.2 Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasına Bağlı Renk Ölçüm Test Sonuçları

Yapılan deneysel çalışmada ozon gazı ile muamele edilen numunelerin renginde meydana gelen değişimin tespit edilebilmesi için tüm numuneler spektrofotometrede test edilmiştir. Numuneler üzerinde averajlı ölçüm yapılarak ortalama değerler alınmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda CIE L, CIE a, CIE b, CIE C, CIE h değerleri incelenmiştir. Tüm numuneler üzerinde renk değişim farklılıkları incelenmiştir. Havlu kumaş gramajı, ozon gazı akış hızı, ozonla işleme süresi gibi farklılıkların numune kumaşların renk değişimine hangi oranlarda ve nasıl etki ettiği incelenmiştir.

X, Y ve Z tristimulus değerleri, renk hakkında bilgi vermeyip rengin sayısal olarak ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Rengin daha kolay bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için 1976 yılında CIE, X, Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanan  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  şeklindeki üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi olarak adlandırılan yeni bir renk sistemi tanımlamıştır. Bu sistem tekstil endüstrisinde yaygın kullanım alanı bulmuştur ve yapılan çalışmalarda kolaylık sağlamıştır (Yeşil, Y., 2010).



Şekil 4.7: CIELab Renk Uzayı [1]

Şekil 4.7’de belirtildiği üzere  $a^*$  ve  $b^*$  eksenleri birbirlerine dik açı yapmaktadır ve orta noktada kesişmektedir (parlaklığa bağlı olarak gri veya beyaz). Üçüncü eksen olan  $L^*$  eksen, açıklık/koyuluğun (parlaklığın) bir ölçüsüdür ve  $a^*$  ve  $b^*$  eksenleri tarafından oluşturulan düzleme dik konumdadır; düzlemi nötral noktada kesmektedir. Aynı rengin farklı tonları, CIELab renk uzay sisteminde belirtilirken  $a^*$  ve  $b^*$  eksenleri tarafından oluşturulan düzlem içerisinde nötral noktadan dışarıya doğru uzanan bir hat üzerinde yer almakta oldukları bilinmektedir. Burada, kırmızıdan sarıya doğru artış gösteren dönme açısı “h” (derece cinsinden), rengin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Renk uzay sisteminde  $h= 0^\circ$ deki konumu kırmızı bir renk tonunu,  $h = 90^\circ$ deki konumu sarı bir renk tonunu,  $h = 270^\circ$ deki konumu ise mavi bir renk tonunu belirtmektedir. Nötral noktadan uzaktaki bir noktayı kroma ( $C^*$ ) ile ifade eder ve bu da belirli parlaklıktaki ( $L^*$  değerindeki) bir rengin doygunluğunun bir ölçüsüdür. Bir rengi belirtmek istiyorsak ya  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  koordinatları ile ya da  $L^*$ ,  $C^*$  ve  $h$  değerleri yardımıyla belirlememiz gerekmektedir. Genel olarak, rengin  $a^*$  ve  $b^*$  koordinatları yoluyla tanımlanmasından çok renk açısı  $h$  ve kroma  $C^*$ ’nin kullanımı yolu ile tanımlanması daha uygun olduğu belirtilmiştir. Her iki durumda da  $L^*$ , rengin açık/koyuluğunun bir ölçüsünü ifade etmektedir.  $L^*$ ’nin değerleri, siyah için 0, beyaz için 100 değerini alarak bu değerler arasında değişmektedir. Çok parlak renkler için  $a^*$  ve  $b^*$ ’nin en yüksek değerleri, yaklaşık +80 ve -80 arasında bulunmaktadır (Acar, 2009). Nötral nokta ( $a^* = b^* = 0$ ) etrafında çizilen bir çember sabit kromaya sahip bir renk çemberini tanımlamaktadır ve kırmızıdan başlamak üzere  $h$  açısı (derece cinsinden) rengin bir ölçüsünü belirtmektedir (HunterLab, 1996b)(Yeşil, Y., 2010).

Haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan ozonlama ile ağartma işlemi sonrası numune kumaşlar üzerinde meydana gelen renk değişiminin ölçümü Datacolor 600® marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Yüksek hassaslığa sahip olan spektrofotometre ile ortalama ölçüm yapılmış her numuneden 3 kez renk okutulmuştur. Belirlenen bu  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerlerinin ortalaması alınarak sonuç belirlenmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre ağartılmış numunelerin beyazlık dereceleri Stensby formülü kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan Stensby formülü Eşitlik 1’de gösterilmiştir.

$$\text{Stensby Beyazlık Derecesi} = L^* - 3a^* - 3b^* \quad (1)$$

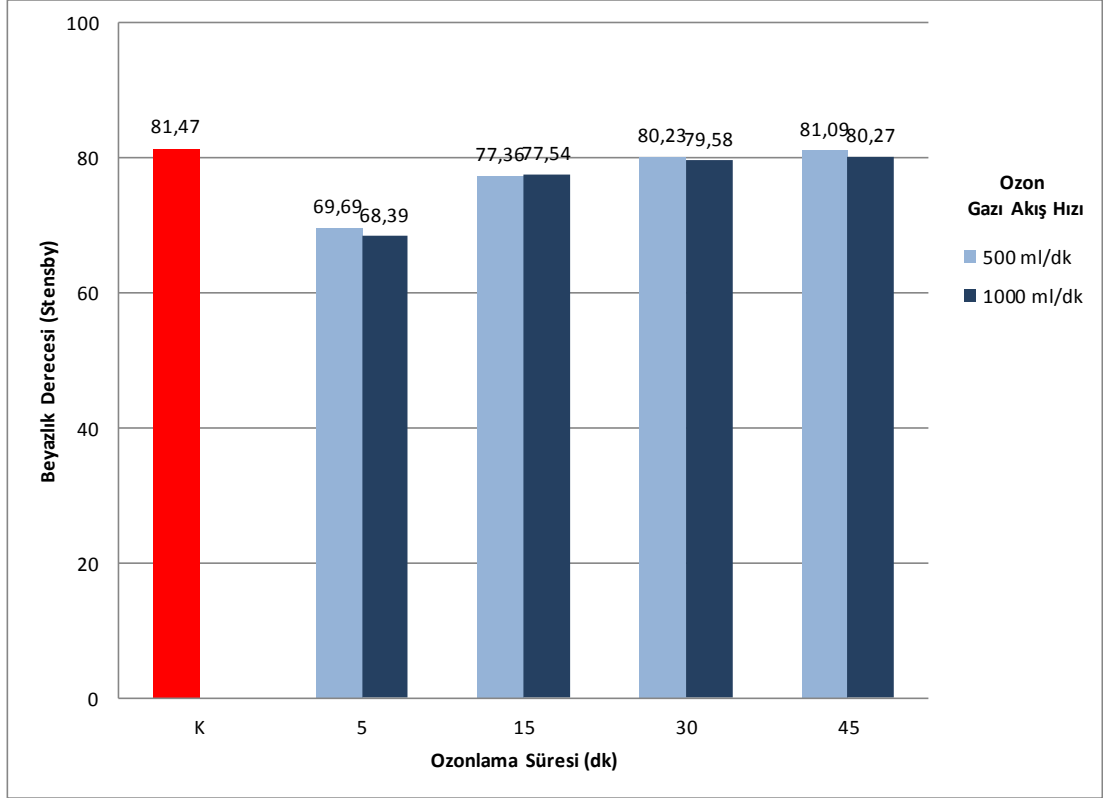
Formüle göre elde edilen beyazlık dereceleri üzerinden grafikler oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

#### 4.2.1 350 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşlı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 10:** 350 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşlı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	L*	a*	b*	Beyazlık Derecesi (Stensby)
350	500	5	92,13	0,48	7,00	69,69
350	500	15	93,59	0,13	5,28	77,36
350	500	30	93,79	0,01	4,51	80,23
350	500	45	94,41	-0,25	4,69	81,09
350	1000	5	91,76	0,55	7,24	68,39
350	1000	15	93,44	0,11	5,19	77,54
350	1000	30	94,07	-0,20	5,03	79,58
350	1000	45	94,19	-0,29	4,93	80,27





**Şekil 4.8:** 350 g/m<sup>2</sup> gramajında haşlı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği

350 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numunesi belirlenen oranda nemlendirilip kondisyonlandıktan sonra ozonla muamele edilerek kumaş üzerinde meydana gelen renk değişimi yani ağartma durumu incelenmiştir. Numunelerin spektrofotometre sonuçları Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Numunelerin Stensby beyazlık dereceleri incelendiğinde 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında 5 dakikalık işlem süresinde elde edilen değer 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında elde edilen değerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 15 dakikalık işlem süresi için 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızının numune kumaş üzerinde meydana getirdiği ağartma miktarı 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızının meydana getirdiği ağartma değerinden fazladır. 45 ve 30 dakikalık işlem süresi için elde edilen sonuçlar incelendiğinde yine aynı sonucun alındığı görülmüştür. Genel olarak incelendiğinde 350 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan numune havlu kumaşlar üzerinde yapılan çalışma sonuçlarına göre 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında elde edilen beyazlık değerlerinin 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında elde edilen değerlere oranla fazla olduğu görülmüştür. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızının istenilen beyazlık derecesine ulaşılması için yeterli

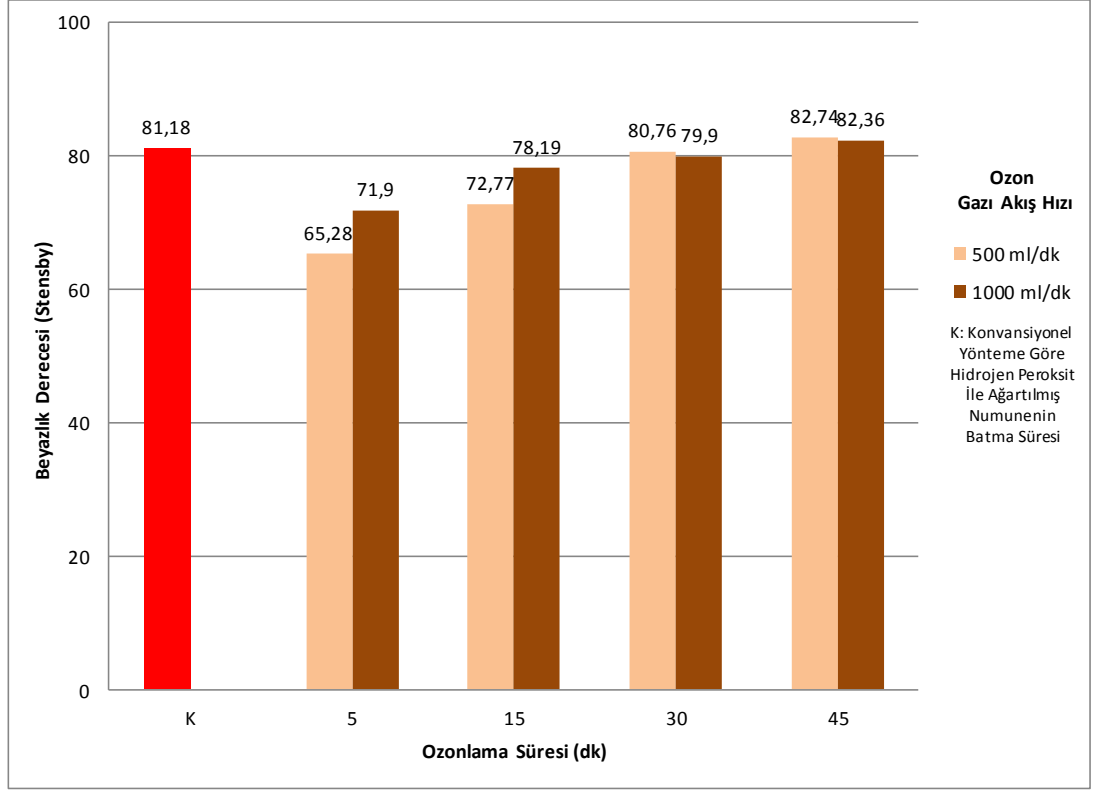
olduğu görülmüştür. Ön işlemde ulaşılmak istenilen beyazlık değerine göre ozonla işleme süresi değiştirilebilmektedir. Ozonla işleme süresi artıkça numune kumaşın renginde meydana gelen ağarma değeri artmaktadır. İki durum arasında doğrusal bir orantı vardır. Hav yüksekliği en düşük olan havlu numune kumaşlarda yapılan denemeler sonucunda en yüksek beyazlık değerine 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 45 dakikalık işleme süresinde erişilmiştir.

Konvansiyonel yönteme göre hidrojen perokit ağartması uygulanan numune kumaş üzerinde elde edilen beyazlık derecesine, 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında 30 ve 45 dakikalık işlem sürelerinde aynı seviyeye gelecek şekilde yaklaşmıştır.

#### 4.2.2 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 11:** 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	L*	a*	b*	Beyazlık Derecesi (Stensby)
400	500	5	91,26	0,69	7,97	65,28
400	500	15	93,29	0,01	6,83	72,77
400	500	30	94,14	0,01	4,45	80,76
400	500	45	94,56	-0,02	3,96	82,74
400	1000	5	92,72	0,29	6,65	71,90
400	1000	15	93,82	-0,06	5,27	78,19
400	1000	30	94,54	-0,29	5,17	79,90
400	1000	45	94,27	-0,03	4,00	82,36



**Şekil 4.9:** 400 g/m<sup>2</sup> gramajında haşılı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği

400 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numunesi belirlenen oranda nemlendirilip kondisyonlandıktan sonra ozonla muamele edilerek kumaş üzerinde meydana gelen renk değişimi yani ağartma durumu incelenmiştir. Numunelerin spektrofotometre sonuçlarına göre elde edilen beyazlık dereceleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Numunelerin L\*, a\*, b\* değerleri incelenmiştir. Elde edilen değerlere göre 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip numunelerin 5 dakikalık işlem süresinde elde edilen beyazlık derecesinin 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip şartlarda muamele edilen numuneye oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm ozon konsantrasyonlarında işleme süresi arttıkça elde edilen beyazlık değerinin de arttığı tespit edilmiştir. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip numunede elde edilen beyazlık değerleri incelendiğinde, 45 dakikalık süre sonunda elde edilen değerinin 30 dakikalık işlem süresi sonunda elde edilen değerden daha az olduğu tespit edilmiştir.

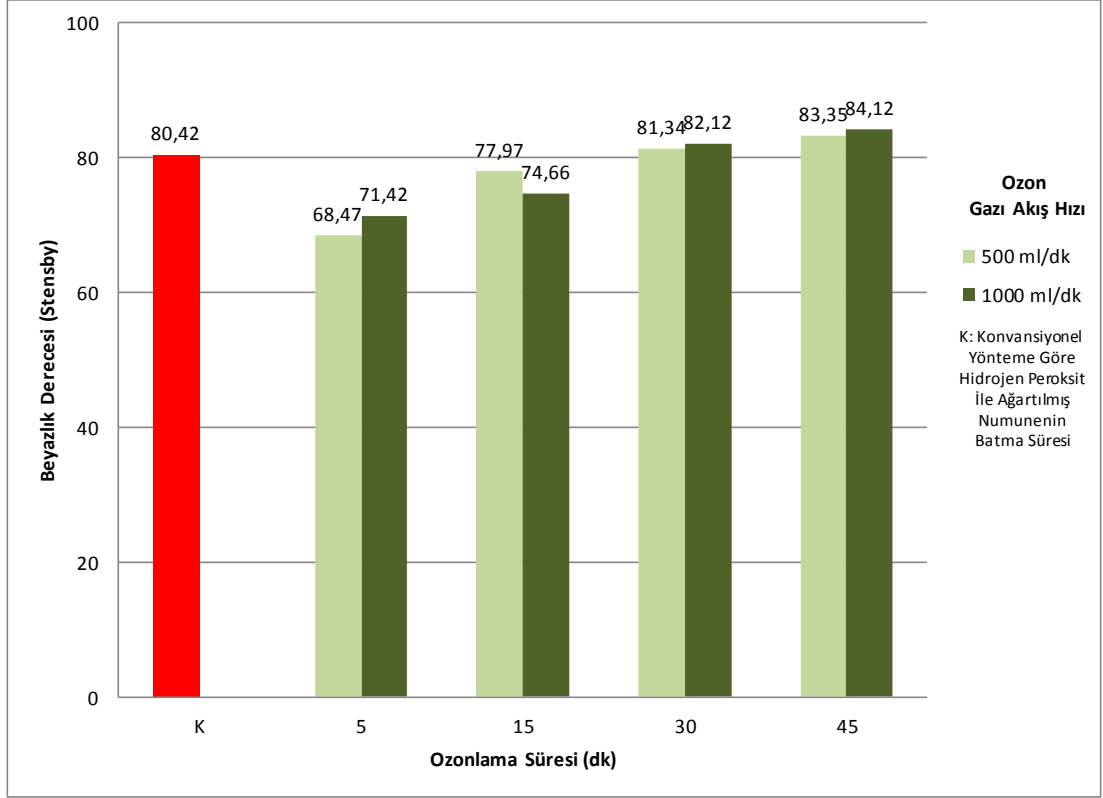
Konvansiyonel yöntemle göre hidrojen perokit ağartması uygulanan numune kumaş üzerinde elde edilen beyazlık derecesine, ozonlama ile 30 dakikalık işlem

süresinde yaklaşılmıştır. 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında 45 dakikalık işlem süresinde elde edilen beyazlık derecesi ile hidrojen peroksit ağartmasında elde edilen beyazlık derecesinin üzerine çıkıldığı görülmektedir.

#### 4.2.3 450 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 12:** 450 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşılı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	L*	a*	b*	Beyazlık Derecesi (Stensby)
450	500	5	91,93	0,81	7,01	68,47
450	500	15	93,78	0,18	5,09	77,97
450	500	30	94,15	0,06	4,21	81,34
450	500	45	94,54	0,04	3,69	83,35
450	1000	5	92,69	0,59	6,50	71,42
450	1000	15	93,74	-0,06	6,42	74,66
450	1000	30	94,39	0,08	4,01	82,12
450	1000	45	94,77	0,05	3,50	84,12



**Şekil 4.10:** 450 g/m<sup>2</sup> gramajında haşlı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği

450 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numunesi belirlenen oranda nemlendirilip kondisyonlandıktan sonra ozonla muamele edilerek kumaş üzerinde meydana gelen renk değişimi yani ağarma durumu incelenmiştir. Numunelerin spektrofotometre sonuçları Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Numunelerin stensby beyazlık dereceleri incelenmiştir. Elde edilen değerlere göre ozonlama süresi ve ozon gazı akış hızı arttıkça numunelerin renginde meydana gelen beyazlık derecesi artmaktadır. Dolayısı ile numune kumaşlar üzerinde yapılan tüm testlerde 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında elde edilen beyazlık derecesi 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında elde edilen beyazlık derecesinden daha fazladır. Ozonlama süresinin numune kumaşlar üzerinde meydana getirdiği etkiyi gözlemlediğimizde ise 45 dakikalık işlem süresi sonunda elde edilen değer 5, 15, 30 dakikalık işlem süreleri sonunda elde edilen değerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

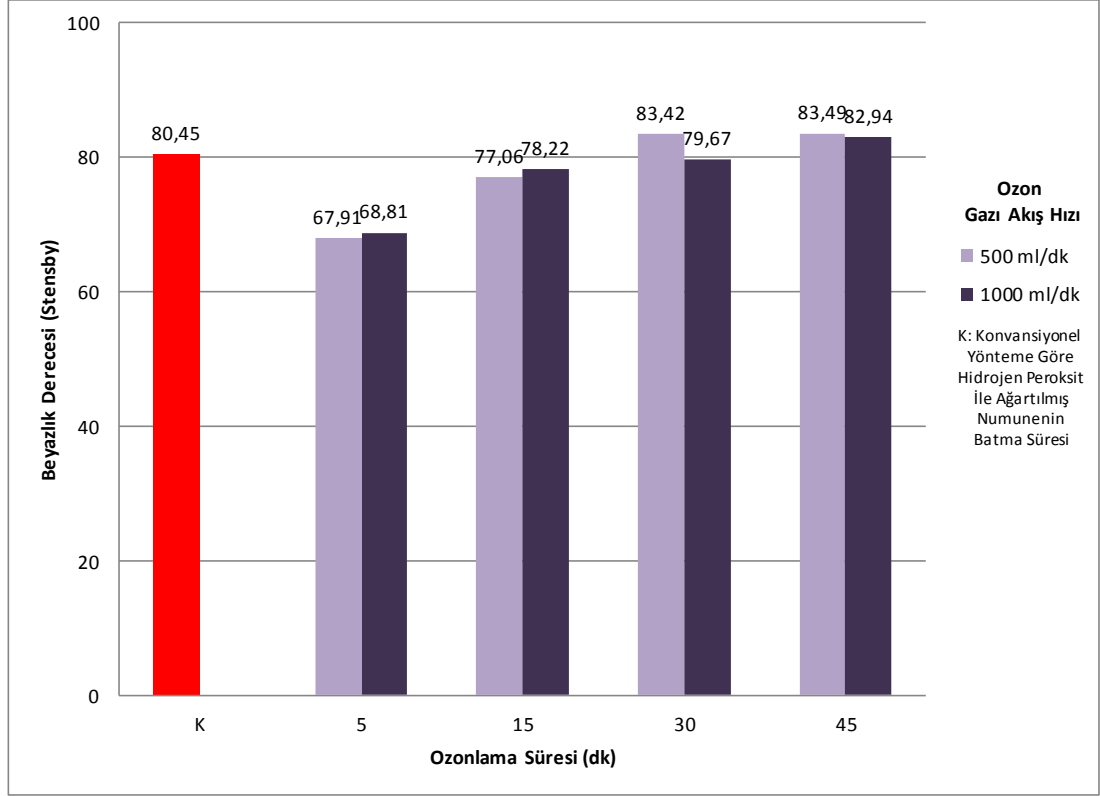
Konvansiyonel yöntemle göre hidrojen peroksit ağartması uygulanan numune kumaş üzerinde elde edilen beyazlık derecesi ile ozonlama işlemiyle 30 ve 45

dakikalık işlem süreleri sonunda elde edilen beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, ozonlama beyazlık derecesinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Dolayısı ile 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 30 dakikalık işlem süresinde 450 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde istenilen beyazlık derecesine ulaşılabilir.

#### 4.2.4 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşlı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 13:** 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Haşlı Giderilmiş Numunelere Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulamasının Numune Üzerinde Meydana Getirdiği Renk Değişim Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	Ozonlama Süresi (dk)	L*	a*	b*	Beyazlık Derecesi (Stensby)
500	500	5	92,54	0,71	7,50	67,91
500	500	15	94,01	0,13	5,52	77,06
500	500	30	94,79	-0,08	3,87	83,42
500	500	45	94,86	-0,10	3,89	83,49
500	1000	5	92,57	0,64	7,28	68,81
500	1000	15	94,00	0,14	5,12	78,22
500	1000	30	94,67	-0,29	5,29	79,67
500	1000	45	94,88	-0,21	4,19	82,94



**Şekil 4.11:** 500 g/m<sup>2</sup> gramajında haşlı giderilmiş numunelere ozonlama ile ağartma işlemi uygulamasının numune üzerinde meydana getirdiği renk değişim grafiği

500 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numunesi belirlenen oranda nemlendirilip kondisyonlandıktan sonra ozonla muamele edilerek kumaş üzerinde meydana gelen beyazlık değeri yani ağartma durumu incelenmiştir. Numunelerin spektrofotometre sonuçları Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Numunelerin L\*, a\* ve b\* değerleri incelenmiştir. L\*, a\* ve b\* değerlerinden beyazlık derecesi Stensby olarak hesaplanmış ve grafik üzerinde belirtilmiştir. Elde edilen değerlere göre 5, 15, 30 ve 45 dakikalık işlem sürelerinde elde edilen beyazlık derecesi 500 ml/dk’lık ve 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızlarında hemen hemen aynı değerleri göstermektedir. Kumaş gramajının artması ile ilişkilendirilebilecek bir durumdur. Bu durumun sonucunda kumaş kalınlığı arttıkça ozon gazı akış hızının daha da artırılması gerektiği düşünülmektedir. Deneyde yapılan arttırma seviyesinin beyazlık derecesini arttırmak için yeterli olmadığı görülmektedir. Dolayısı ile pamuk havlu kumaşlarda yapılacak ön ozonlama işlemlerinde istenilen beyazlık derecesine erişebilmek için ozon gazı akış hızını arttırmak yerine ozonlama süresinin artırılmasını sağlamak

gerekmektedir. 500 g/m<sup>2</sup>'lik gramaja sahip deney numuneleri içerisinde en iyi beyazlık derecesine sahip olan numunenin işlem parametreleri 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 45 dakikalık işleme süresidir.

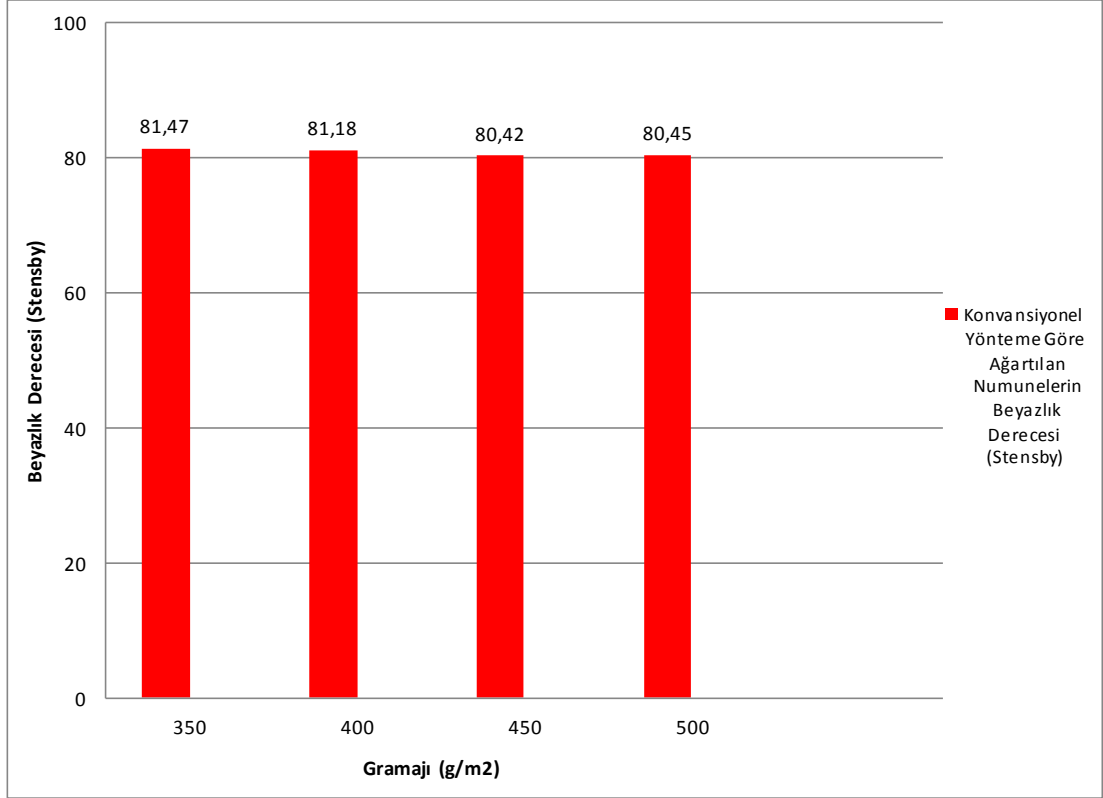
Konvansiyonel yöntemle göre hidrojen peroksit ağartması uygulanan numune kumaş üzerinde elde edilen beyazlık derecesine, diğer havlu kumaş gramajlarında elde edilen sonucun aynısı görülmektedir. 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında 30 ve 45 dakikalık işlem sürelerinde elde edilen beyazlık derecelerinin konvansiyonel yöntemle elde edilen değerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ozonlama işlemi ile işlem süresi arttıkça elde edilen beyazlık derecesi hidrojen peroksit işlemi ile elde edilen değerlerden daha fazla olduğu görülmektedir.

#### 4.2.5 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajlarında Havlu Kumaş Numuneleri Üzerinde Hidrojen Peroksit Ağartma İşlemi Sonucunda Ölçülen Beyazlık Değerlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 14:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajlarında Havlu Kumaş Numuneleri Üzerinde Hidrojen Peroksit Ağartma İşlemi Sonucunda Ölçülen Beyazlık Değer Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	L*	a*	b*	Beyazlık Derecesi (Stensby)
350	92,93	-0,15	3,97	81,47
400	93,15	-0,14	4,13	81,18
450	93,14	-0,14	4,38	80,42
500	93,26	-0,12	4,39	80,45





**Şekil 4.12:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajlarında havlu kumaş numuneleri üzerinde hidrojen Peroksit ağartma işlemi sonucunda ölçülen beyazlık değer grafiği

350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajındaki havlu kumaş numunelerine öncelikli olarak konvansiyonel yöntemle göre haşıl sökme işlemi uygulanmıştır. Ardından Şekil 3.7’de bahsedilen ağartma reçetesine göre ağartma işlemi uygulanmıştır. 4 farklı gramajdaki havlu numune kumaşlar üzerinde meydana gelen L\*, a\*, b\* değerleri Datacolor 600 spektrofotometre yardımı ile ölçülmüştür. Elde edilen L\*, a\* ve b\* değerleri Tablo 15’de belirtilmiştir. Okunan değerlere göre beyazlık değerleri stensby olarak belirlenmiştir. Tablo 15’den yola çıkarak oluşturulan Şekil 4.12’de ise numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık değer değişimi görülebilmektedir. Şekil 4.12’den görüldüğü üzere elde edilen beyazlık değerleri tüm gramajlar için birbirine çok yakındır. Dolayısı ile pamuk havlu kumaş numuneleri farklı gramajlarda olsa dahi hidrojen peroksit ile yapılan ağartmalarda hemen hemen aynı sonucu almak mümkündür. Ozonlama işlemi sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde ise konvansiyonel yöntemle elde edilen değerlere oranla daha iyi beyazlık değerleri elde edildiği görülmektedir. Ozon gazının pamuk havlu kumaş üzerinde meydana getirdiği beyazlık derecesindeki etki grafikler üzerinde görülmektedir.

### 4.3 Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulanmış Numunelerin Zamana Bağlı Beyazlık Derecesi Değişim Sonuçları

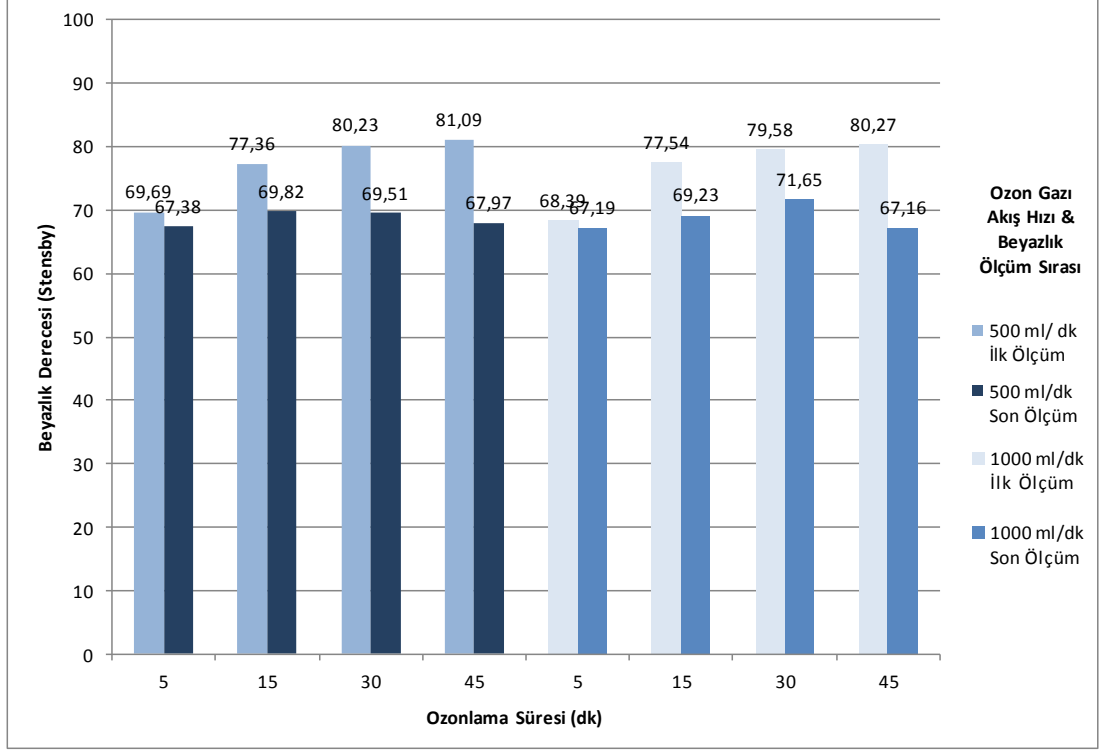
**Tablo 15:** Ozonlama ile Ağartma İşlemi Uygulanmış Numunelerin Zamana Bağlı Beyazlık Derecesi Değişim Sonuç Değer Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	İşlem Süresi (dk)	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen L* Değeri	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen a* Değeri	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen b* Değeri	Ozonlama Sonrası Ölçülen Beyazlık Derecesi (Stensby)	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen Beyazlık Derecesi (Stensby)	Bekletme Süresi Sonrası Meydana Gelen % Beyazlık değişimi
350	500	5	92,46	0,45	7,91	69,69	67,38	3,4
350	500	15	93,73	0,06	7,91	77,36	69,82	10,8
350	500	30	93,66	-0,14	8,19	80,23	69,51	15,4
350	500	45	93,56	-0,04	8,57	81,09	67,97	19,3
350	1000	5	92,33	0,49	7,89	68,39	67,19	1,8
350	1000	15	93,41	0,02	8,04	77,54	69,23	12,0
350	1000	30	93,76	0,22	7,15	79,58	71,65	11,1
350	1000	45	93,26	0,15	8,55	80,27	67,16	19,5
400	500	5	90,92	0,91	9,34	65,28	60,17	8,5
400	500	15	92,62	0,51	8,00	72,77	67,09	8,5
400	500	30	93,95	0,03	7,13	80,76	72,47	11,4
400	500	45	94,34	-0,03	7,36	82,74	72,35	14,4
400	1000	5	93,41	0,26	7,53	71,9	70,04	2,7
400	1000	15	93,59	-0,07	8,07	78,19	69,59	12,4
400	1000	30	94,05	-0,08	7,71	79,9	71,16	12,3
400	1000	45	93,81	0,04	7,61	82,36	70,86	16,2
450	500	5	92,05	0,91	8,08	68,47	65,08	5,2
450	500	15	93,72	0,22	7,25	77,97	71,31	9,3
450	500	30	93,98	0,01	7,30	81,34	72,05	12,9
450	500	45	94,02	0,00	8,15	83,35	69,57	19,8
450	1000	5	93,69	0,43	7,46	71,42	70,02	2,0
450	1000	15	92,72	0,63	9,49	74,66	62,36	19,7
450	1000	30	94,67	-0,14	7,66	82,12	72,11	13,9
450	1000	45	94,13	-0,07	8,13	84,12	69,95	20,3
500	500	5	91,37	0,98	11,72	67,91	53,27	27,5
500	500	15	93,45	0,30	10,00	77,06	62,55	23,2
500	500	30	93,07	0,43	10,76	83,42	59,5	40,2
500	500	45	92,10	0,78	10,87	83,49	57,15	46,1
500	1000	5	92,05	0,87	10,17	68,81	58,93	16,8
500	1000	15	93,91	0,34	8,07	78,22	68,68	13,9
500	1000	30	93,03	0,61	9,01	79,67	64,17	24,2
500	1000	45	92,69	0,66	11,34	82,94	56,69	46,3

Laboratuvar şartlarında ozonlama işlemi yapılmış pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde meydana gelen beyazlık değerlerini görebilmek için ozonlama işlemi ardından spektrofotometre ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri ölçülmüş, Stensby beyazlık dereceleri formüle göre elde edilmiştir.

Haşılı sökülmüş havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ozonlama ile ağartma işlemi sonrasında numuneler 9 ay süresince oda sıcaklığında ve poşet içerisinde bekletilerek depolanmıştır. Bu bölümde, bekletilen numunelerde meydana gelen, ilk beyazlık dereceleri ile 9 ay sonra elde edilen beyazlık derecelerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 16'da gramaj, ozon gazı akış hızı ve işlem sürelerine göre elde edilen ilk ve son spektrofotometre ölçümlerine göre elde edilen beyazlık derece değerleri ve değişim oranları gösterilmiştir. Tablo 16'dan yola çıkarak ilgili şekiller oluşturulmuş ve değişim durumları incelenmiştir.

### 4.3.1 350 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

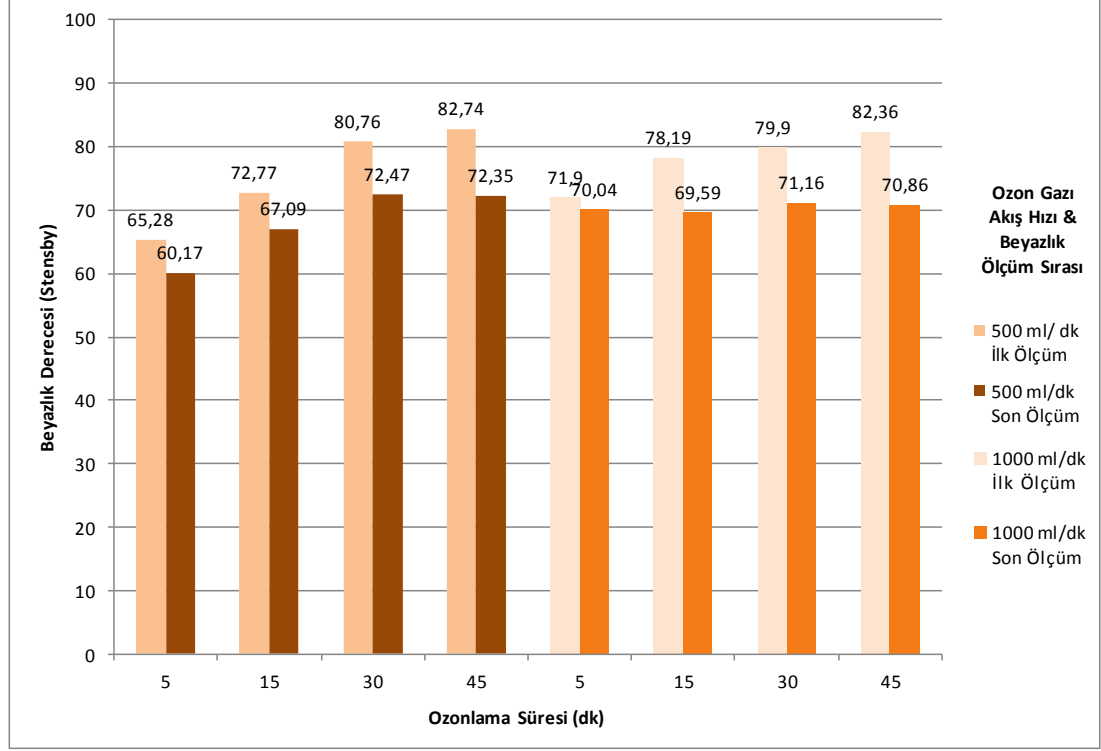


Şekil 4.13: 350 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği

350 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numuneleri 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında ozonlama işlemine tabii tutulmuştur. Ozonla yapılan ağartma işlemi sonrasında numune kumaşlar üzerinde meydana gelen ağartma derecesi Stensby beyazlık denklemine göre belirlenmiştir. Yapılan ilk spektrofotometre ölçümleri ile 9 aylık bekletme süresi sonunda yapılan son ölçüm değerleri Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Şekil 4.13'de gösterildiği gibi 500 ml/dk'lık ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında işlem süresi arttıkça elde edilen ilk beyazlık ölçüm dereceleri artmıştır.

Her iki ozon gazı akış hızında ve tüm işlem sürelerinde elde edilen beyazlık dereceleri incelendiğinde; ilk spektrofotometre ölçümlerine göre elde edilen beyazlık değerlerinin, son spektrofotometre ölçümleri ile elde edilen beyazlık değerleri ile karşılaştırıldığında beyazlık derecelerinin azaldığı görülmektedir. İlk ve son ölçüm durumuna göre elde edilen beyazlık dereceleri arasındaki farkın, ozonlama işlem süresi arttıkça, arttığı görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 5 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %3,4 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında ve 45 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %19,3 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. Aynı durum 1000 ml/dk'lık ozon gazı işlem süresi için de geçerlidir. Dolayısı ile yapılan inceleme sonucunda; 350 g/m<sup>2</sup> pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde ozonlama ile meydana gelen beyazlık derecesi, 9 aylık bekletme süresi sonunda elde edilen beyazlık derecesine oranla ortalama olarak %11 oranında değer kaybettiği görülmektedir.

#### 4.3.2 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları



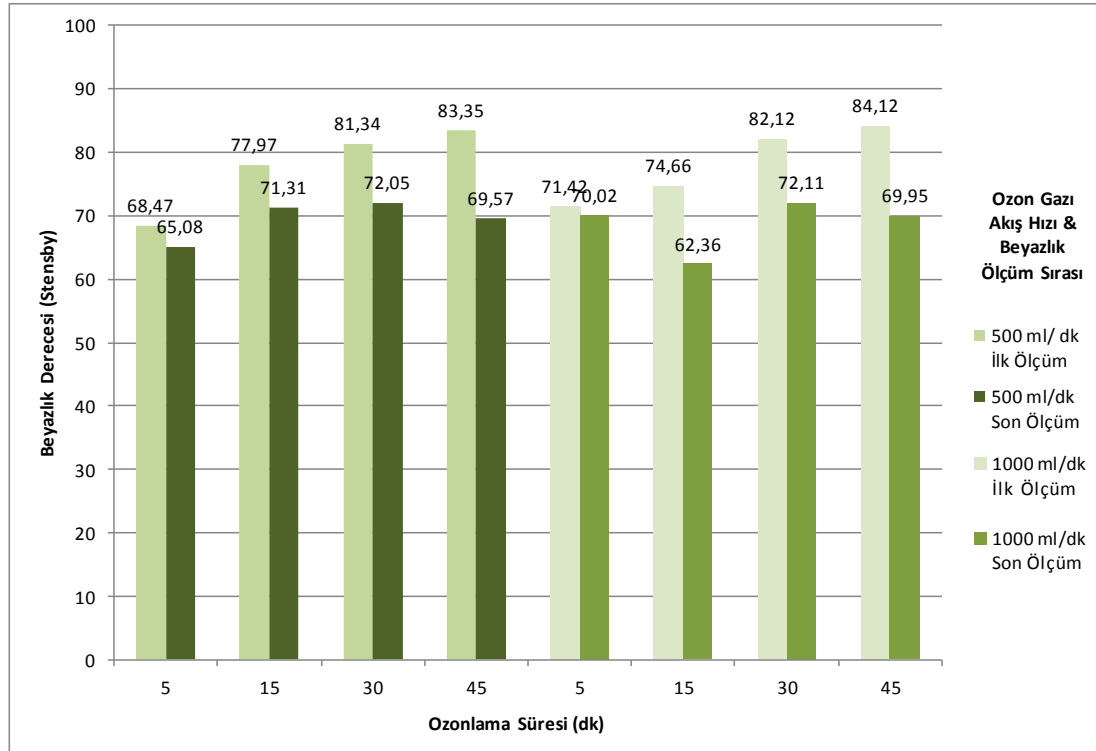
Şekil 4.14: 400 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği

400 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ilk spektrofotometre ölçümleri ile 9 aylık bekletme süresi sonunda yapılan son ölçüm değerleri Şekil 4.14’de gösterilmiştir. Şekil 4.14’de gösterildiği gibi 500 ml/dk’lık ve 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızlarında işlem süresi arttıkça elde edilen ilk beyazlık ölçüm dereceleri artmıştır.

Her iki ozon gazı akış hızında ve tüm işlem sürelerinde elde edilen beyazlık dereceleri incelendiğinde; ilk spektrofotometre ölçümlerine göre elde edilen beyazlık değerlerinin, son spektrofotometre ölçümleri ile elde edilen beyazlık değerleri ile karşılaştırıldığında beyazlık derecelerinin azaldığı görülmektedir. İlk ve son ölçüm durumuna göre elde edilen beyazlık dereceleri arasındaki farkın, ozonlama işlem

süresi arttıkça, arttığı görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 5 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %8,5 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında ve 45 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %14,4 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. Aynı durum 1000 ml/dk'lık ozon gazı işlem süresi için de geçerlidir. Dolayısı ile yapılan inceleme sonucunda; 400 g/m<sup>2</sup> pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde ozonlama ile meydana gelen beyazlık derecesi, 9 aylık bekletme süresi sonunda elde edilen beyazlık derecesine oranla ortalama olarak %10 oranında değer kaybettiği görülmektedir.

#### 4.3.3 450 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları



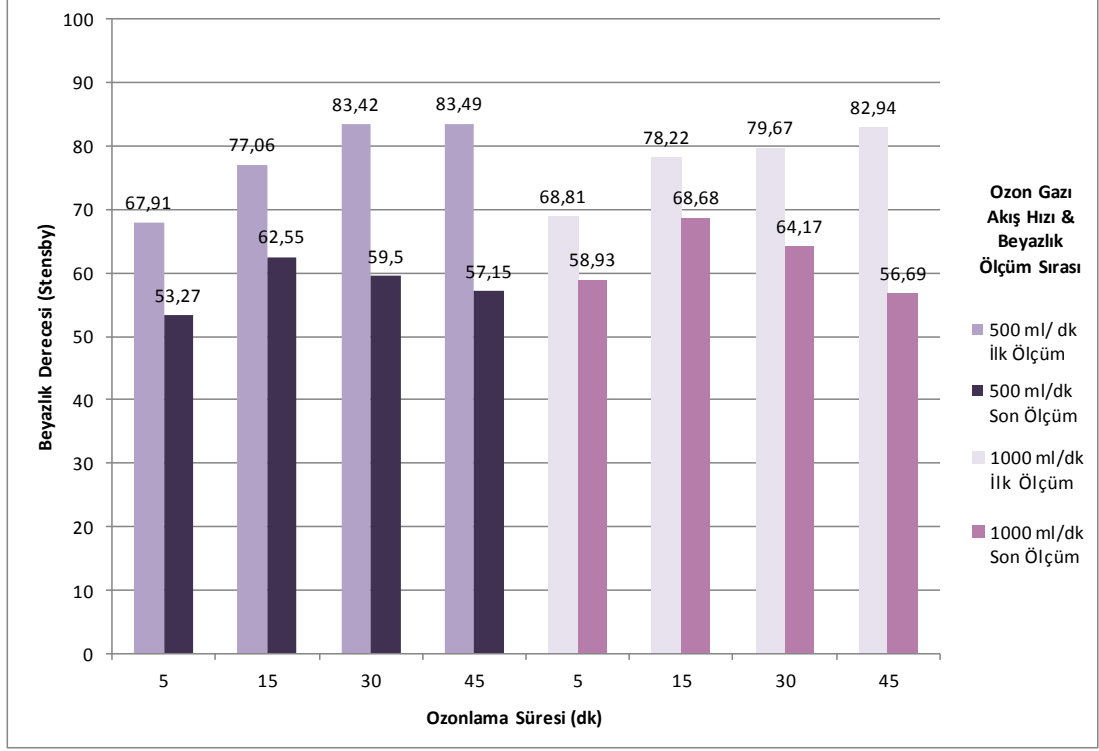
Şekil 4.15: 450 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği

450 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ilk spektrofotometre ölçümleri ile 9 aylık bekletme süresi sonunda yapılan son ölçüm değerleri Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Şekil 4.15’de gösterildiği gibi 500 ml/dk’lık ve 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızlarında işlem süresi arttıkça elde edilen ilk ölçüm beyazlık dereceleri artmıştır.

Her iki ozon gazı akış hızında ve tüm işlem sürelerinde elde edilen beyazlık dereceleri incelendiğinde; ilk spektrofotometre ölçümlerine göre elde edilen beyazlık değerlerinin, son spektrofotometre ölçümleri ile elde edilen beyazlık değerleri ile karşılaştırıldığında beyazlık derecelerinin azaldığı görülmektedir. İlk ve son ölçüm durumuna göre elde edilen beyazlık dereceleri arasındaki farkın, ozonlama işlem süresi arttıkça, arttığı görülmektedir. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında 5 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %5,2 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında ve 45 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %19,8 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. Aynı durum 1000 ml/dk’lık ozon gazı işlem süresi için de geçerlidir. Dolayısı ile yapılan inceleme sonucunda; 400 g/m<sup>2</sup> pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde ozonlama ile meydana gelen beyazlık derecesi, 9 aylık bekletme süresi sonunda elde edilen beyazlık derecesine oranla ortalama olarak %13 oranında değer kaybettiği görülmektedir.



#### 4.3.4 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Ozonlama ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları



Şekil 4.16: 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin ozonlama ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği

500 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip olan pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ilk spektrofotometre ölçümleri ile 9 aylık bekletme süresi sonunda yapılan son ölçüm değerleri Şekil 4.16'de gösterilmiştir. Şekil 4.16'de gösterildiği gibi 500 ml/dk'lık ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızlarında işlem süresi arttıkça elde edilen ilk ölçüm beyazlık dereceleri artmıştır.

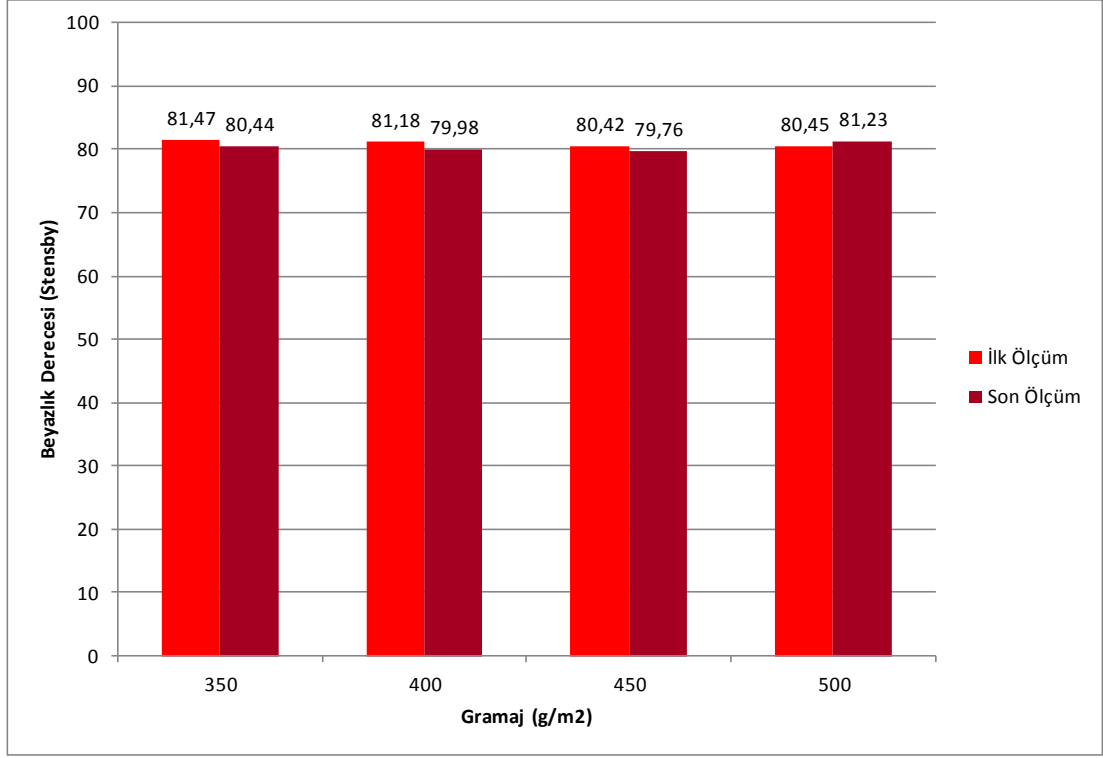
Numuneler üzerinde yapılan incelemede bekletme süresi sonunda beyazlık oranında meydana gelen farkın en fazla olduğu kumaş 500 g/m<sup>2</sup>'lik gramaja sahip olan numunelerdir. İlk yapılan ölçümlerde beyazlık derecesinin işlem süresiyle doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Son ölçümlerde ise beyazlık derecelerinin büyük oranda düştüğü, hatta ozonlama işlem sürelerinin 45 dakikalık olduğu numunelerde ilk ve son ölçüm beyazlık dereceleri arasındaki farkın en fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.16'da bu fark oldukça net görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış

hızında 5 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %27,5 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında ve 45 dakikalık işlem süresinde ölçülen ilk ve son beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında, numunenin %46,1 oranında beyazlık derecesinde azalma olduğu görülmektedir. Aynı durum 1000 ml/dk'lık ozon gazı işlem süresi için de geçerlidir. Dolayısı ile yapılan inceleme sonucunda; 500 g/m<sup>2</sup> pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde ozonlama ile meydana gelen beyazlık derecesi, 9 aylık bekletme süresi sonunda elde edilen beyazlık derecesine oranlandığında ortalama olarak %29,7 oranında değer kaybettiği görülmektedir.

#### 4.3.5 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişimlerinin Gözlemlendiği Çalışma Sonuçları

**Tablo 16:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numunelerin Hidrojen Peroksit ile Ağartma İşlemi Ardından Zamana Bağlı Olarak Numuneler Üzerinde Meydana Gelen Beyazlık Derece Değişim Çizelgesi

Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen L* Değeri	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen a* Değeri	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen b* Değeri	Ozonlama Sonrası Ölçülen Beyazlık Derecesi (Stensby)	Bekletme Süresi Sonrası Ölçülen Beyazlık Derecesi (Stensby)	Bekletme Süresi Sonrası Meydana Gelen % Beyazlık değişimi
350	94,87	-0,06	4,87	81,47	80,44	1,3
400	95,01	-0,06	5,07	81,18	79,98	1,5
450	95,15	0,00	5,13	80,42	79,76	0,8
500	95,48	-0,03	4,78	80,45	81,23	-1,0



**Şekil 4.17:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numunelerin hidrojen peroksit ile ağartma işlemi ardından zamana bağlı olarak numuneler üzerinde meydana gelen beyazlık derece değişim grafiği

Konvansiyonel yöntemle göre pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ağartma işlemi sonrasında numuneler oda sıcaklığında, güneş görmeyecek şekilde, plastik poşet içerisinde, 9 ay boyunca bekletilmiştir. Ozonlama sonrası ilk spektrofotometre ölçüm değerleri ile, 9 ay sonra yapılan spektrofotometre ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.17'den de görüldüğü gibi hidrojen peroksit ağartması yapılan pamuk havlu kumaş numunelerin beyazlık derecesinde zamanla bir azalma görülmektedir. Fakat beyazlık derecesindeki azalma ozonlama işleminde elde edilen sonuçlara oranla çok daha düşüktür.

Tüm gramaj numunelerinde elde edilen beyazlık derece farklı yaklaşık %1 oranındadır. Dolayısı ile depolama ihtiyacı olan üretimlerde hidrojen peroksit yöntemi ile yapılan ağartma işlemi sonucunda beyazlık derecesinde yaklaşık olarak %1'lik oranda azalma görülmektedir.

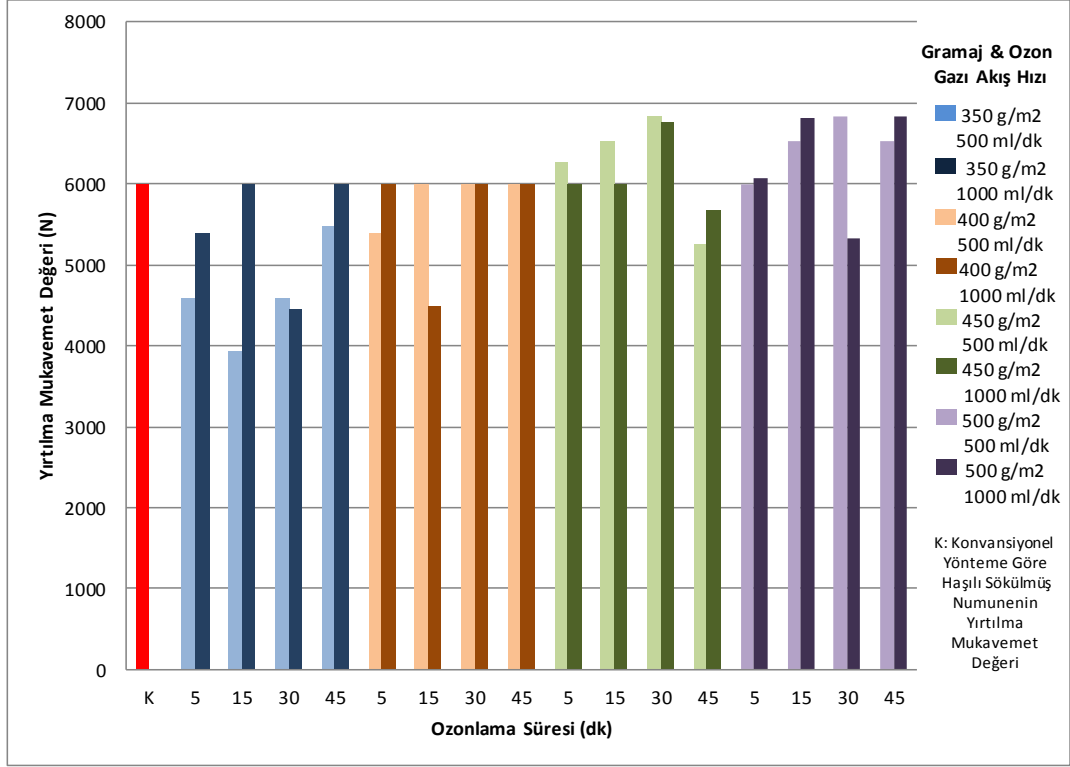
#### **4.4 Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Pamuklu kumaşların ozon ile ağartma işlemi sırasında, selüloz moleküllerinin oksi-selüloza okside olduğu kabul edilmektedir. Ağartma sırasında hidroksil grupları, karboksil veya aldehit gruplarına dönüşmektedir. Yüksek beyazlık derecelerini elde etmek için ozon gazı ile ağartma işlemi süresi uzatılacak olunursa meydana gelecek olan mukavemet kaybı da süre ile orantılı olarak artacaktır. Bu nedenle yüksek beyazlık derecesini minimum mukavemet kaybı ile sağlamak için ozon+hidrojenperoksit gibi ikili ağartma kombinasyonları denenmektedir (Prabaharan ve Rao, 2002). Dolayısı ile literatür incelendiğinde ozon gazına uzun süre maruz kalan pamuk kumaş üzerinde mukavemet kaybına sebep olduğu tespit edilmiştir. Pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde ozon gazının meydana getirdiği etki sonrası elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ozonlama ile haşılı giderilmiş ve kısmen ağartılmış pamuk havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları aşağıdaki Tablo 18'de belirtildiği gibidir.

**Tablo 17:** Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının Çizelgesi

Numune No	g/m <sup>2</sup>	Ozon Gazı Akış Hızı (ml/dk)	İşlem Süresi (dk)	Yırtılma Mukavemet Değeri
1	350	500	5	4574
2	350	500	15	3933
3	350	500	30	4574
4	350	500	45	5483
5	350	1000	5	5386
6	350	1000	15	6000
7	350	1000	30	4452
8	350	1000	45	6000
9	400	500	5	5386
10	400	500	15	6000
11	400	500	30	6000
12	400	500	45	6000
13	400	1000	5	6000
14	400	1000	15	4493
15	400	1000	30	6000
16	400	1000	45	6000
17	450	500	5	6262
18	450	500	15	6524
19	450	500	30	6834
20	450	500	45	5250
21	450	1000	5	6000
22	450	1000	15	6000
23	450	1000	30	6766
24	450	1000	45	5670
25	500	500	5	6000
26	500	500	15	6524
27	500	500	30	6826
28	500	500	45	6524
29	500	1000	5	6079
30	500	1000	15	6812
31	500	1000	30	5319
32	500	1000	45	6837
A	350	-	-	6162
B	400	-	-	5967
C	450	-	-	6000
D	500	-	-	6000

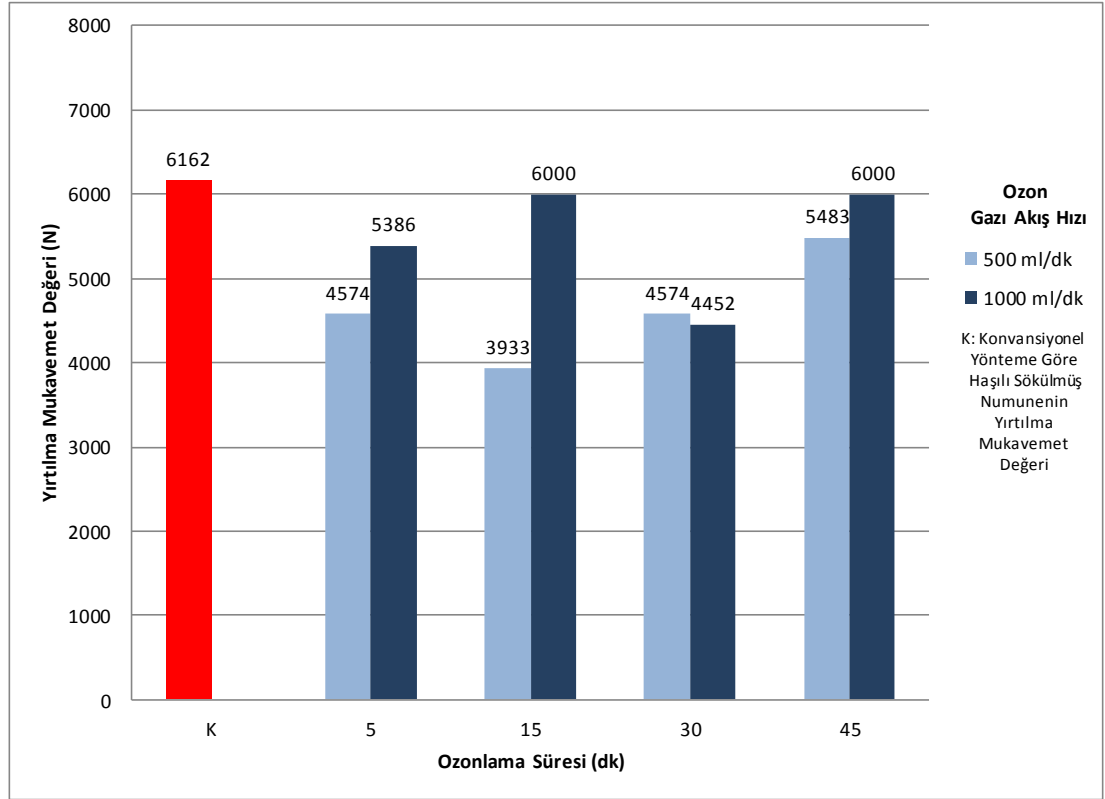


**Şekil 4.18:** 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajlarında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

Şekil 4.18’de gösterilen değerler incelendiğinde numunelerin gramaj değerleri arttıkça elde edilen yırtılma mukavemet değerlerinde doğru orantılı olacak şekilde artış göstermiştir. Dolayısı ile yırtılma mukavemet değerlerinde görülen bu artışın sebebi ağırlıklı olarak gramaj artışından kaynaklıdır, ozon gazı akış hızı ve ozonlama süresi ile ilgili değişim parametreleri daha detaylı incelenecektir. Numunelerin kendi içlerinde elde edilen değerleri incelendiğinde genel olarak ozon gazı akış hızında meydana gelen artış sonucunda elde edilen ortalama mukavemet değerinde azalış görülmektedir. Dolayısı ile ozonlama işlemlerinde ozon gazının akış hızı mukavemet kayıpları açısından önemli bir konudur. Ozonlama işlem süreleri ile ilgili daha detaylı teknik araştırma gerekmektedir. Özellikle havlu kumaş üzerinden yapılan testlerden elde edilen sonuçlara göre net bir şey söylenememektedir.

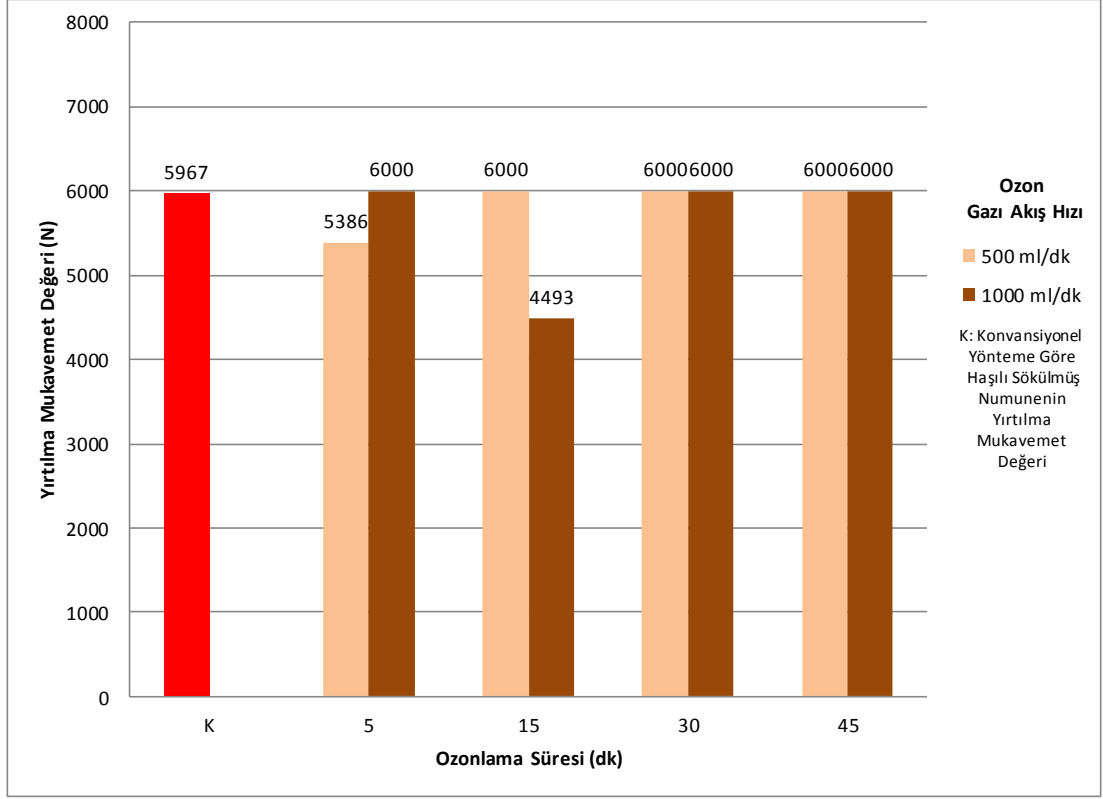
#### 4.4.1 350 g/m<sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırılma Mukavemeti Test Sonuçları

350 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde ozon gaz akış hızı arttıkça yırtılma hareketine karşı gösterilen direnç artmıştır. Ozonlama süresi arttıkça belirli oranlarda düşmeler yaşanırken belirli zaman dilimlerinde artış görülmektedir. Dolayısı ile elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak kesin bir yargıya varılması söz konusu değildir. Genel hatları ile incelendiğinde numuneler üzerinde meydana gelen etkilere bakılarak 350 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numune kumaşlar üzerinde ozonlama işleminin yırtılmaya karşı olumlu etkisi olduğu görülmektedir. 350 g/m<sup>2</sup> gramajında, 500 ml/dk ve 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında, 5, 15, 30, 45 dakikalık işlem sürelerinde yapılan deneme çalışmaları ile ilgili ayrıntılı bilgi Şekil 4.19'da gösterilmektedir.



Şekil 4.19: 350 g/m<sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

#### 4.4.2 400 g/m<sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırılma Mukavemeti Test Sonuçları

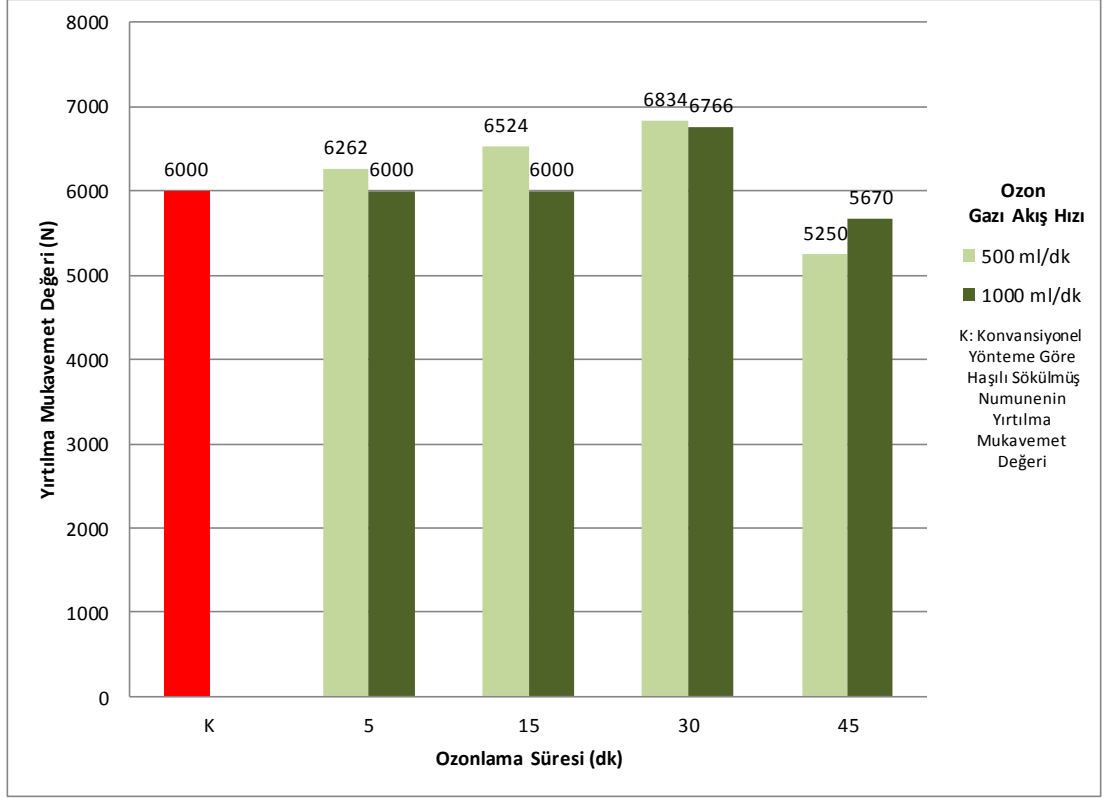


Şekil 4.20: 400 g/m<sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

400 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları incelenmiştir. Elde edilen yırtılma mukavemet test sonuçlarının ortalama değerleri dikkate alınır 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızı ile muamele edilen numune kumaşların yırtılma mukavemet değerleri 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip numune kumaşlarda elde edilen değerden daha fazladır. Dolayısı ile ozonlama işleminde ozon gazı akışında meydana gelen artışın kumaş mukavemetini kötü yönde etkilediği görülmektedir.



#### 4.4.3 450 g/m<sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

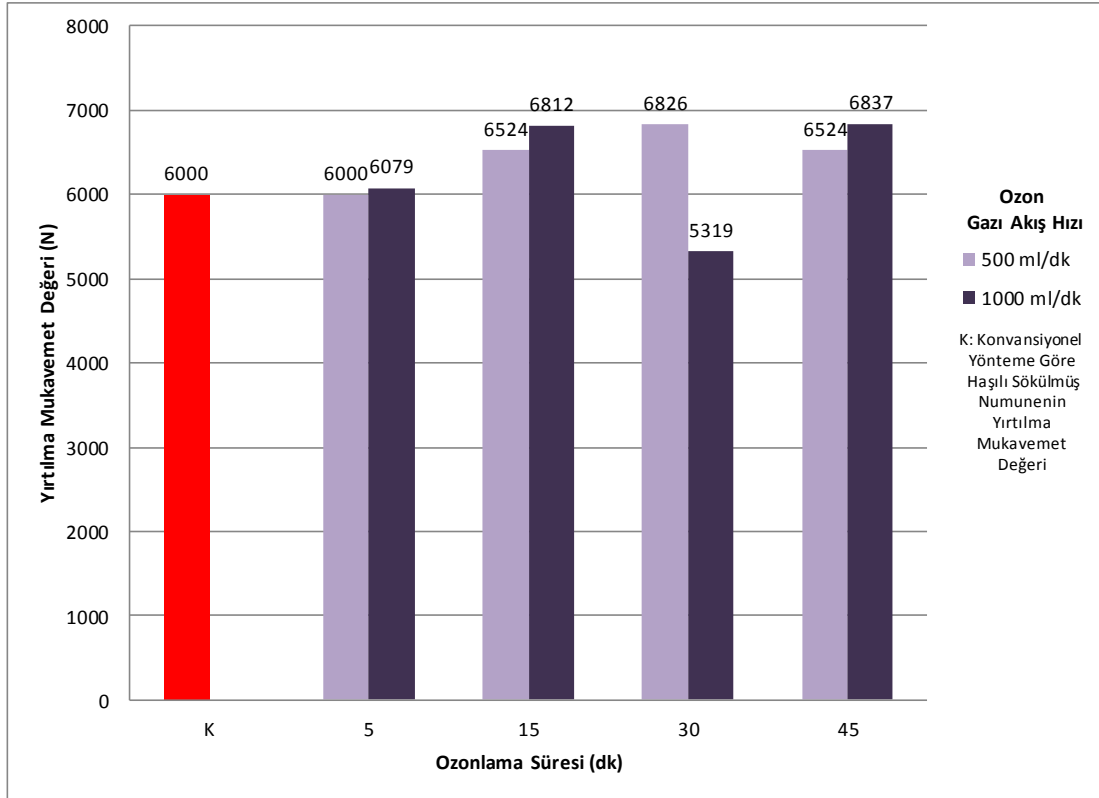


Şekil 4.21: 450 g/m<sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

450 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları incelenmiştir. Elde edilen yırtılma mukavemet test sonuçlarının ortalama değerleri dikkate alınırsa 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızı ile muamele edilen numune kumaşların yırtılma mukavemet değerleri 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip numune kumaşlarda elde edilen değerden daha fazladır. Dolayısı ile ozonlama işleminde ozon gazı akışında meydana gelen artışın kumaş mukavemetini kötü yönde etkilediği görülmektedir. Ozonlama süresinde meydana gelen artış ile birlikte numune kumaşlardan elde edilen yırtılma mukavemet değerlerinde düşüş görülmektedir. Dolayısı ile ozonlama işleminde süre artışı numunelerin yırtılma mukavemet değerlerini düşürmektedir. Ozonlama işleminde yırtılma mukavemet değerini fazla etkilemeden optimum şartın sağlanabilmesi için yüksek konsantrasyonda ozon gazı ile az sürede işleme tabi tutarak numuneler üzerinde

mukavemet kaybına sebep olmadan istenilen hidrofilye ve ağartılmış kumaş numuneleri elde edilebileceği belirlenmiştir.

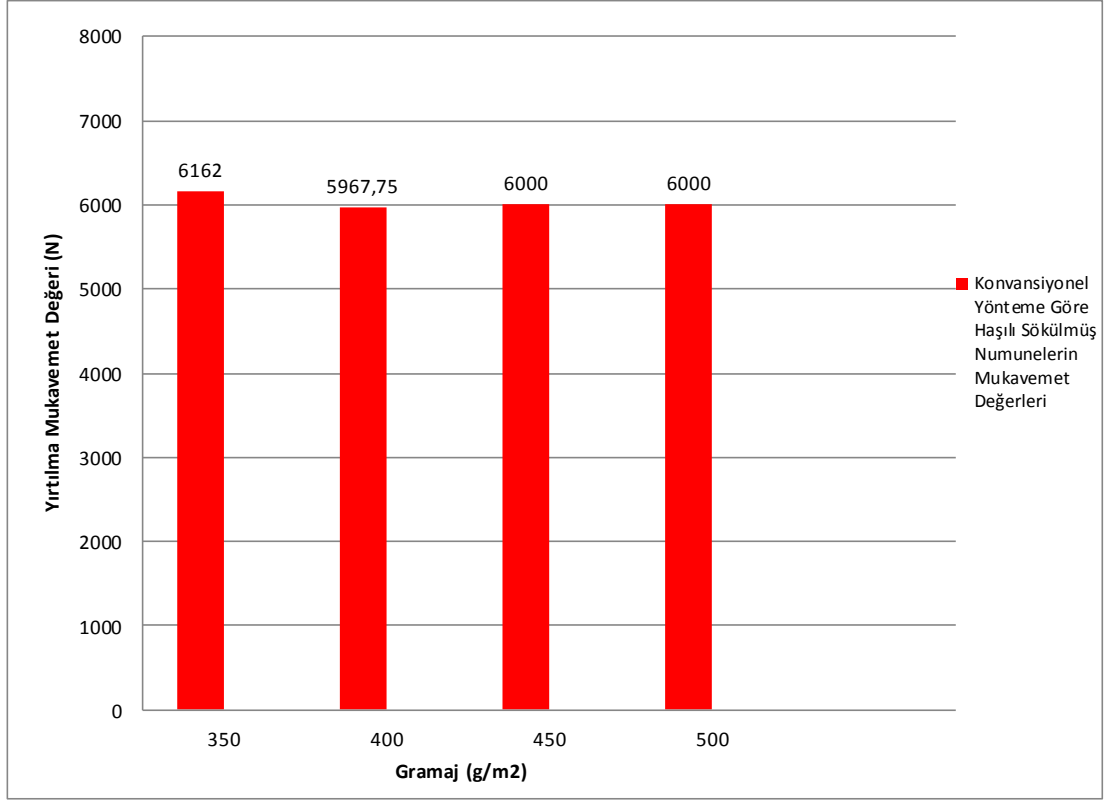
#### 4.4.4 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Ozonlama ile Haşılı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılan Yırılma Mukavemeti Test Sonuçları



şekil 4.22: 500 g/m<sup>2</sup> gramajında ozonlama ile haşılı giderilmiş numuneler üzerinde yapılan yırılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

500 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip numuneler üzerinde yapılan yırılma mukavemeti test sonuçları incelenmiştir. Elde edilen yırılma mukavemet test sonuçlarının ortalama değerleri dikkate alınırsa 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızı ile muamele edilen numune kumaşların yırılma mukavemet değerleri 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızına sahip numune kumaşlarda elde edilen değerden daha fazladır.

#### 4.4.5 Konvansiyonel Yönteme Göre Haşılı Sökülmüş 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> Gramajında Numuneler Üzerinde Yapılan Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları



**Şekil 4.23:** Konvansiyonel yönteme göre haşılı sökülmüş 350, 400, 450, 500 g/m<sup>2</sup> gramajında numuneler üzerinde yapılan yırtılma mukavemeti test sonuçları değişim grafiği

Konvansiyonel yönteme göre haşılı sökülmüş numunelerin mukavemet testi sonucunda elde edilen değerler farklılık göstermektedir. Öncelikle bu farklılığın temel sebebinin gramaj farklılığı olduğu bilinmektedir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre 6000 N üzerinde çıkan sonuçlar pek sağlıklı olmamaktadır, genellikle 6000 N üst sınır olarak kabul edilmektedir. Dolayısı ile elde edilen sonuçlara göre gramaj farklılığının konvansiyonel yönteme göre haşılı sökülmüş numuneler üzerinde net sonuçlara varılamamıştır. Tüm numuneler için üst sınır olarak 6000 N'luk değer kabul edilebilmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pamuk havlu dokuma ham kumaşlarda ozon teknolojisi kullanılarak kumaş üzerindeki haşıl maddesinin sökülüp kirliliklerin giderilmesi, kumaşın hidrofil hale getirilmesi ve haşılı sökülmüş kumaş üzerinde geleneksel yöntemle elde edilen beyazlık derecesinin ozon teknolojisi ile elde edilmesi amaçlanan çalışmamızda, laboratuvar şartlarında ozonlama süresi, ozon gazı akışı ve numune kumaş gramajları değişken parametreler kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Deneyler çok tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Tüm numune grupları incelendiğinde aynı gramajda olan havlu kumaşların 1000 ml/dk'lık ozon gazı akışında gösterdikleri hidrofillik derecesi 500 ml/dk'lık ozon gazı akışında gösterdiğinden daha fazladır. Ozonlama işlem süreleri incelendiğinde her gramaj çeşidinde 45 dakikalık işlem süresinde işlenen numunelerin en hidrofil olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak grafiklere bakıldığında havlu kumaş gramajı arttıkça batma sürelerinde düşüş dolayısı ile hidrofil olma derecesinde artış görülmektedir.

Nemlendirme derecesinin belirli bir noktaya kadar fayda sağladığını, optimum değer aşıldığında ise su moleküllerinin pamuk lifi ile ozon gazı arasında bariyer etkisi gösterdiği, life kararsız olan ozon gazı etki edemedi su molekülü içerisinde ki oksijen atomu ile bileşik oluşturup yok olduğu bilinmektedir.

Pamuk havlu kumaş numuneleri için çalışmalarda uygulanan %24-30 oranındaki nemlendirme miktarı yeterli bulunmuştur. %50 ve %80 oranında nemlendirilen numunelerin su yüzeyinde kaldığı, kesinlikle batmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısı ile %50 ve %80 oranındaki nem değerinin pamuk havlu kumaşlar için optimum şartın üzerinde olduğu, verimli ozonlama şartlarını sağlamadığını göstermektedir.

Konvansiyonel yönteme göre haşıl maddesi giderilmiş numuneler ozonlanmış numunelere oranla çok daha kısa sürede su çekebilme özelliğine sahiptirler. Ozonlama yöntemine göre yapılan denemelerde ise konvansiyonel yöntemde elde edilen sonuçlara yaklaşılmıştır.

Ozonla işleme süresi artıkça numune kumaşın renginde meydana gelen ağarma değeri artmaktadır. İki durum arasında doğrusal bir orantı vardır. Hav yüksekliği en düşük olan havlu numune kumaşlarda yapılan denemeler sonucunda en yüksek beyazlık değerine 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 45 dakikalık işleme süresinde erişilmiştir.

Elde edilen değerlere göre ozonlama süresi ve ozon gazı akış miktarı artıkça numunelerin renginde meydana gelen beyazlık derecesi artmaktadır. Dolayısı ile numune kumaşlar üzerinde yapılan tüm testlerde 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında elde edilen beyazlık derecesi 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında elde edilen beyazlık derecesinden daha fazladır. Ozonlama süresinin numune kumaşlar üzerinde meydana getirdiği etkiyi gözlemlediğimizde ise 45 dakikalık işlem süresi sonunda elde edilen değerin 5, 15, 30 dakikalık işlem süreleri sonunda elde edilen değerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

CIE b değerleri incelendiğinde ise tüm numunelerin sarı tonda renge sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Tüm ozon konsantrasyonlarında işleme süresi artıkça elde edilen beyazlık değerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Numunelerin kendi içlerinde elde edilen değerleri incelendiğinde genel olarak ozon gazı akış hızında meydana gelen artış sonucunda elde edilen ortalama mukavemet değerinde azalış görülmektedir. Dolayısı ile ozonlama işlemlerinde ozon gazı akış miktarı mukavemet kayıpları açısından önemli bir konudur. Ozonlama işlem süreleri ile ilgili daha detaylı teknik araştırma gerekmektedir.

Haşılı sökülmüş havlu kumaş numuneleri üzerinde yapılan ozonlama ile ağartma işlemi sonrasında numuneler 9 ay süresince oda sıcaklığında ve poşet içerisinde bekletilerek depolanmıştır. Bekletilen numunelerde meydana gelen, ilk beyazlık dereceleri ile 9 ay sonra elde edilen beyazlık derecelerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Gramaj, ozon gazı akış hızı ve işlem sürelerine göre elde edilen ilk ve son spektrofotometre ölçümlerine göre elde edilen beyazlık derece değerleri ve değişim oranları incelendiğinde genel tabloda %15 oranında beyazlık değerinde zamanla düşüş gözlenmiştir. 9 aylık süre sonunda numunelerde sarılık oranlarının

arttığı görülmüştür. Hidrojen peroksit ile yapılan ağartma işlemlerinde ozonlama sonrası ilk ölçülen beyazlık değeri ile ise 9 aylık süre sonunda elde edilen beyazlık değerleri karşılaştırıldığında ise beyazlık derecesinde %1 oranında düşüş olduğu görülmüştür. Dolayısı ile ozonlama ile yapılan ağartma işlemlerinde zamanla beyazlık derecesinde düşüş gözlemlenmiştir.

İlerleyen çalışmalarında havlu kumaşların endüstriyel ölçekli üretimde ozonlanması ile ilgili araştırmalar yapmayı planlıyorum. Elde edilen bilgiler doğrultusunda pilot ölçekli olacak şekilde havlu üretim hattında ön terbiye işlemlerinin düzenlenmesini sağlayabilmeyi ardından endüstriyel ölçekli üretime adapte edebilmeyi planlıyorum. Üretim hattında ön terbiye işlemleri, boyama adımı, boyama sonrası atık su geri kazanım aşamalarında ozon teknolojisinden yararlanarak kimyasal madde tasarrufu, düşük sıcaklıkta boyama neticesinde enerji tasarrufu, atık su geri kazanımı sayesinde ve minimum su tüketimi neticesinde su tasarrufu, sağlamak amaçlarım arasındadır. Günümüz şartlarında son derece önemli olan ve işletmeciler tarafından da önemsenmesi gereken çevreci üretim hattının oluşturulması ile ilgili adımların havlu üretim hattında oluşturup, ilerleyen zamanlarda farklı üretim alanlarına adapte edebilmeyi hedefliyorum.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Acar, K., Floresans Renkler İçeren Boyama Reçetesi Tahmin Algoritmalarında Başarının Artırılmasına Yönelik Yeni Bir Yöntem, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2009).
- [2] Airozon, “Ozon Nedir?, Ozonun Keşfi ve Tarihçesi, Ozonun Özellikleri, Oluşum ve Yöntemleri, Ozonun Etkileri” [online], (15 Mart 2015), <http://www.airozon.com/ozon-o3/ozon-nedir.htm>, (2015).
- [3] Anış, P. Ve Eren, H.A., Boyahane Atık Sularında Rengin Uzaklaştırılmasında Uygun Teknolojilerin Gözden Geçirilmesi, *Tekstil Terbiye & Teknik*, 3(31), 74-79, (1998).
- [4] Atav, R. (Eds.), *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing, The Use of New Technologies in Dyeing of Proteinous Fibers*, Chapter 5, 111-112, (2013).
- [5] Atav, R., Yurdakul, A., “Effect of Ozonation Process on the Dyeability of Mohair Fibres”, *Coloration Technology*, 127(3)159-166, (2011).
- [6] Balousek, P.J., The effects of ozone upon a lignin-related model compound containing a beta-aryl ether linkage, *Institute of Paper Science and Technology, University of Wisconsin, Platteville*, p.4, (1979).
- [7] Başer, İ., Elyaf Bilgisi, Pamukta Terbiye İşlemleri, (8 Haziran 2016), <http://katalog.marmara.edu.tr/muyayinevi/YN687.pdf>, 45-46, İstanbul, (2002).
- [8] Benli, H., Bahtiyari, M.I., “Combination of ozone and ultrasound in pretreatment of cotton fabrics prior to natural dyeing, *Journal of Cleaner Production*”, 89 116-124, (2014).
- [9] Benli, H., Bahtiyari, M.İ., Pamuklu Kumaşların Ozon-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu ile Ağartılması ve Doğal Boyalar ile Renklendirilmesi, *Tekstil ve Mühendis*, 23(103) 189-196, (2016)

- [10] Bocci, V., Borelli, E., Travagli, V., Zanardi, I., “The Ozone Paradox: Ozone is a strong Oxidant as Well as a Medical Drug”, *Medicinal Research Reviews*, 29(4) 646-682, (2009).
- [11] B.M., Gıda ve Tarım Örgütü, En Çok Pamuk Üreten 10 Ülke (milyon metrik ton), (22 Mayıs 2016), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Pamuk>, (2013).
- [12] Damas, S.B., Iborra-Clar, M.I., Bes-Pia, A., Alcania-Miranda, M.I., Mendoza-Roca, J.A., Iborra-Clar, A., “Study of preozonation influence on the physical – chemical treatment of textile wastewater”, *Desalination and the Environment*, 182 (1-3) 267-274, (2005).
- [13] Duran, K., Bahtiyar, M.İ., Körlü, A.E., Perinçek, S., Özdemir, D., Dogal Mucize Ozon, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2:75-79, (2006).
- [14] Eren, H.A., “Simultaneous afterclearing and decolorisation by ozonation after disperse dyeing of polyester”, *Coloration Technology*, 123 (4) 224-229, (2007).
- [15] Eren, H.A., Anis, P., Davulcu, A., “Enzymatic One-Bath Desizing-Bleaching-Dyeing Process for Cotton Fabrics”, *Textile Research Journal*, 79:1091, (2009).
- [16] Eren, H.A., Ozturk, D., “The evaluation of ozonation as an environmentally friendly alternative for cotton preparation”, *Textile Research Journal*, 81 (5) 512-519, doi:10.1177/0040517510380782, (2011).
- [17] Eren, H.A., Öztürk, D., *Tekstil Terbiyesinden Ozon Kullanımı*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15 (2) 37-51, (2010).
- [18] Grantz, D.A., *Ozone impacts on cotton: towards an integrated mechanism*, *Environmental Pollution*, 126 331-334, (2003).
- [19] Grantz, D.A., Silva, V., Toyota, M., Ott, N., “Ozone increases root respiration but decreases leaf CO<sub>2</sub> assimilation in cotton and melon”, *Journal of Experimental Botany*, 54(391) 2375-2384, (2003).
- [20] Güneş, Y., Atav, R., Namırtı O., “Effectiveness of ozone in decolorization of reactive dye effluents depending on the dye chromophore”, *Textile Research Journal*, 82(10) 994-1000, (2011).
- [21] HunterLab, CIE L\*a\*b\* Color Scale, HunterLab Applications Note, 8 (7), p.1-4, (1996).



- [22] <http://www.textoscientificos.com/quimica/inorganica/oxigeno/ozono>, (2006).
- [23] Iglesias, S.C., “Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2.4-Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Ozone”, PhD Thesis, Universitat de Barcelona, Barcelona, 37-48, (2002).
- [24] Inkaya, T., Eren, H.A., Anis, P., “Pamuk Ağartılmasında Lakkaz/Mediatör Sistemlerinin Oksijen Ve Ozon İle Kombine Edilmesi”, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14 (1) 77-82, (2008).
- [25] İtkib, “Tekstil ve Hammaddeler Sektörü 2015 Yılı Haziran Ayı İhracat Bilgilendirme Notu”[online], Mart 2015, [http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/2015/06\\_tekstil\\_bilgi\\_notu\\_haziran%202015\\_sifreli.pdf](http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/2015/06_tekstil_bilgi_notu_haziran%202015_sifreli.pdf), (2015).
- [26] Kahvecioğlu, H., “Buldan Dokumalarının Bazı Mekaniksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma”, Buldan Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi, Denizli Meslek Yüksek Okulu, 623-634, (2006).
- [27] Kimyaevi.org, “Haşılı Giderilmiş Bez Üzerinde Haşıl Varlığının Kontrolü”,[online], <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0BB148963444B0DC7>, (2016).
- [28] Lin, C.C., Liu, W.T., “Ozone Oxidation in a Rotating Packed Bed”, J.Chem. Technol. Biotechnol., 78 138-141, (2003).
- [29] Micheal, M.N., El-Zaher, N.A., “Efficiency of Ultraviolet/Ozone Treatments in The Improvement of The Dyeability and Light Fastness Of Wool”, Journal of Applied Polymer Science, 90 (13) 3668-3675, (2003).
- [30] Özdil, N., “Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri”, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma – Uygulama Merkezi Yayını, 21(1) 52-54, (2003).
- [31] Perincek, S., Duran, K., Korlu, A.E., Bahtiyari, I., “An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics”, Ozone: Science & Engineering, 29 325-333, (2007).

- [32] Prabakaran, M., Nayar, R.C., Selvakumar, N., Rao, J.V., “A study on the advanced oxidation of a cotton fabric by ozone”, *JSDC*, 116(3) 83-86, (2000).
- [33] Prabakaran, M., Rao, J.V., “Study on ozone bleaching of cotton fabric – process optimisation, dyeing and finishing properties”, *Coloration Technology*, 117(2) 98-103, (2001).
- [34] Prabakaran, M., Rao, J.V., “Combined desizing, scouring and bleaching of cotton using ozone”, *Indian J. of Fibre&Tex. Res.*, 28(12) 437-443, (2000).
- [35] QuickPure, Technical Details, “What is Ozone?”[online], <http://www.quickpure.com/TechnicalDetails.htm>.
- [36] Rice, R.G., DeBrum, M., Hook, J., Cardis, D., Tapp, C., “Economic and environmental Benefits of Ozone in Ozone Laundering Systems”, *Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association*, 31 (5) 348-356, (2009).
- [37] Saunders, F.M., Gould, J.P., Southerland, C.R., “The Effect of Solute Competition on Ozonolysis of Industrial Dyes”, *Wat.Res.*, 17(10) 1407-1419, (1983).
- [38] Sevimli, M.F., Sarikaya, H.Z., “Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose”, pH and dye concentration, *J.Chem.Technology, Biotechnol*, 77, 2842-850, (2002).
- [39] Soares, O.S., Orfao, J.M., Portela, D., Vieira, A., Pereira, M.F., “Ozonation of textile effluents and dye solutions under continuous operation: Influence of operating parameters”, *Journal of Hazardous Materials*, B137, 1664–1673, (2006).
- [40] Spot Kimya, A.Ş., “Pamuk ve pamuk karışımları için biyolojik pişirme ve haşıl söküme enzimi Ürün Bilgisi”, *TANATEX Chemicals B.V.*, (2012).
- [41] Tekstil Sayfası, “Bitkisel Lifler Mikroskop Görüntüleri”, (2012), <http://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2012/12/bitkisel-lifler-mikroskop-goruntuleri.html>, (2012).
- [42] TS 866, “Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1985).
- [43] Uysal, P., “Ozonun Polilaktik Asit (PLA) Liflerine Etkisi ve PLA Terbiyesinde Ozon Kullanımı”, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (2010).

- [44] Wu, J., Wang, T., “Ozonation of Aqueous Azo Dye in A Semi-Batch Reactor”, *Wat.Res.*, 35(4) 1093-1099, (2001).
- [45] Yakartepe, M., Yakartepe Z., *Tekstil Teknolojisi Elyaf’tan Kumaş’a*, 2, İstanbul: T.K.A.M. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, 321–337, (1995).
- [46] Yeşil, Y., “Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi”, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2010).
- [47] Yılmaz, N.D., Powell, N., Durur, G., *The Technology of Terry Towel Production. Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 4(4) 1-43, (2005).
- [48] Zervent, B., “Havlu Üretimi ve Ürün Kalitesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2002).
- [49] Zouzoulas, D., Koutroubas, S.D., Vassiliou, G., Vardavakis, E., “Effects of ozone fumigation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) morphology, anatomy, physiology, yield and qualitative characteristics of fibers”, *Environmental and Experimental Botany*, 67, 293–303, (2009).

# **EKLER**

## **7. EKLER**

### **EK A Ozon Makinasının alıştırılması:**

- 1) Havalandırma açılır.
- 2) Soğutma su vanası açılır (hafif olacak şekilde su akışı sağlanır) ve suyun akışı kontrol edilir.
- 3) Oksijen tp vanası çevrilir ve gaz akışı sağlanır.

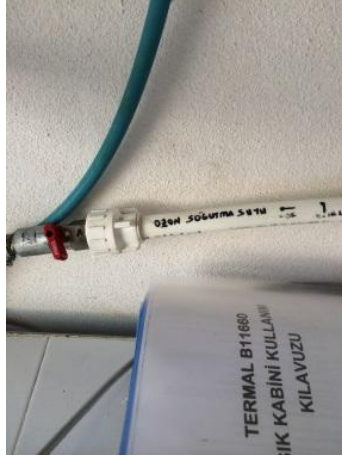
3.1 Büyük vana aıldığında oksijen gazının akışı sağlanır.

3.2 Küçük vana ayarlaması ile gaz akış oranı gösterilen noktadan kontrol edilir. Siyah ibrenin takibi ile ayar yapılır.

- 4) Ozon jeneratörü açılır, önce 1 sonra 2 numaralı tuşlara basılarak jeneratör içerisinde oksijen gazının ozona çevrilmesi sağlanır.



**Şekil A. 1:** Havalandırma Kontrolü



**Şekil A. 2:** Soğutma su vanası açma-kapama butonu



**Şekil A. 3:** Su akış kontrolü



Şekil A. 4: Oksijen tüpü açma-kapama vanası



Şekil A. 5: Gaz akış oran ayarı yapılıır



Şekil A. 6: Ozon Jeneratörü



Şekil A. 7: Ozon aplikasyon alanı



Şekil A. 8: Ozon gazı akış göstergesi



Şekil A. 9: Numune ozonlama alanı



Homojen olarak nemlendirilmeye çalışılan numune kumaşlar ozonlanmak üzere cam uygulama odasına yerleştirilir. Harici hava beslemeli jeneratörümüz mevcut olduğundan oksijen tüpünden çıkan  $O_2$  atomları ozon jeneratörüne gönderildi. Ozon jeneratörüne  $O_2$  olarak gelen gaz  $O_3$  olarak çıkış yaptı. Ozon jeneratörü içerisinde sıcaklık dengesini sağlayabilmek için soğutma suyu dolaştırılmaktadır. Çünkü ozon gazı ısıya karşı hassastır, belirli bir derecenin üzerine çıktığı anda bozunur ve oksijene dönüşür. Dolayısı ile her denemede muhakkak ozon soğutma suyu açılmalıdır.

Ozon dağıtıcısına gelen gaz cam kap içerisine yerleştirilmiştir ve yatay yönde asılı duran numuneye nüfuz etmektedir.

Cam kap içerisine uygun olacak ölçülerde kesilen numunelerimiz sırası ile  $350 \text{ g/m}^2$ ,  $400 \text{ g/m}^2$ ,  $450 \text{ g/m}^2$ ,  $500 \text{ g/m}^2$  olmak üzere ozon ile işleme tabii tutulmuştur. Deney planında belirlenen ozon konsantrasyon ve sürelerine göre işlemler tamamlanmıştır. Ozonlanan numunelerin birbirleri ile karışmamaları için renkli kodlarla numuneler kodlanmış ve birbirlerinden ayırt edilmiştir.

## **EK B Ozonlama ile Haşlı Giderilmiş Numuneler Üzerinde Yapılmış Aşındırma Mukavemeti Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

### **B.1 Ozonlanmış Pamuk Havlu Dokuma Kumaşların Aşınma (Sürtünme) Mukavemeti Derecesi Ölçümleri**

Ozonla işlem proseslerinden sonra, her bir numunenin aşınma dayanım derecesi Aşınma Test Cihazı James H. Heal-Martindale 104 cihazında dönerek aşındırma metoduna göre numuneler üzerindeki kütle kaybı tayini yapılmaktadır.

Aşınma herhangi bir materyalin başka bir yüzeye sürtünmesi sonucu oluşan deformasyondur (eskimedir). Aşınma sonucunda kumaş mukavemet özelliklerinde, gramajında, kalınlığında, hava geçirgenliğinde azalma, renkte değişimler ve kumaş yüzeyinde boncuklanma görülür.

Aşınma mukavemeti, belirli şartlar altında oluşan sürtünme ile kumaştaki iplik ve liflerin kumaş yüzeyinden dışarı çıkması sonucunda kumaş yüzeyinde meydana gelen aşınmaya karşı koyma yeteneğidir. Sürtünme testleri sonucu alınan değerler kumaşın ne kadar mukavim olduğu konusunda tam bilgi veremez. Sürtünme testleri diğer mukavemet testleri ile birlikte kullanıldığı zaman daha anlamlıdır. Birlikte değerlendirildikleri zaman kumaşın kullanımdaki performansının tahminlenmesinde faydalı olur.

Genel olarak aşınma testleri kumaşların kullanım sırasındaki gerçek ömrünü tam olarak vermez ancak testler yapılırken kullanım sırasındaki performansı ile laboratuvar testleri arasında bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Bunun yanında kumaşın kullanım performansının belirlenmesinde aşınma testi, kopma yırtılma mukavemeti vb. diğer özelliklerinin test sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı olacaktır (Özgül, N., 2003).

## B.2 Aşınma mukavemeti testlerinin değerlendirilmesi

Aşınma mukavemeti test sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıdaki kriterlere göre yapılabilir:

1. Numune üzerinde bir delik oluşturacak sürtünme veya tur sayısının tespiti: aşınma testlerinin çoğunda testin sona ermesine bu şekilde karar verilip değerlendirme yapılmaktadır.

2. Numune belirli tur sayısına kadar sürtünmeye maruz bırakılır ve aşağıdaki metotlara göre değerlendirilir:

a) Görünüş değerlendirmesi: aşınma testine tabi tutulan numunedeki renk kaybı, mikroskopik inceleme sonucu lif ve ipliklerin zarar görüp görmediğinin tespiti vb.

b) Fiziksel özelliklerde değişim değerlendirmesi: test numunesindeki

- mukavemet kaybı

- ağırlık kaybı

- kalınlık değişimi

- hava geçirgenliğinde oluşan değişimler incelenir.

Değerlendirme için test yapılmadan önce ve sonra aynı özellik ölçülmekte ve değişim % olarak ifade edilmektedir. Sürtme tur sayısı arttıkça numunede ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Çünkü test sırasında sürekli lif transferi olmakta, lifler kopmakta ve kopan lifler kumaş yüzeyinden uzaklaşmaktadır. Aşınma sırasında havlanma ile ilk başta kalınlıkta bir artış olmakta, teste devam edildiğinde lif kopmaları nedeni ile kumaş kalınlığı azalmaktadır. Hava geçirgenliği de kumaş aşındıkça artan özelliklerdendir.

Buradan aşınma mukavemeti için en çok kullanılan yöntemlerden düzlemsel aşınma sağlayan dönerek aşındırma ve Martindale aşınma testi açıklanacaktır (Özdil, N., 2003).

### B.3 Dönerek Aşındırma Metodu

Dönerek aşındırma cihazı deney numunesini taşıyan bir tespit kafası, aşındırıcının yerleştirildiği bir aşındırıcı tespit plakası, baskı ve hareket mekanizmasından oluşmaktadır.

Numune 100 cm<sup>2</sup> alanında kesilerek sıkıştırma bilezikleri kullanılarak tespit kafasına yerleştirilir. Aşındırma malzemesi olarak ince kumaşlar, el dokuması kumaşlar ve örülmüş kumaşlarda tane büyüklüğü 400 olan silikon karbürlü zımpara kağıdı, kalın ve kaba kumaşlarda ve halılarda tane büyüklüğü 280 olan silikon karbürlü zımpara kağıdı kullanılır. Her deney için ve her 500 devirden sonra zımpara kağıdı değiştirilir. Zımpara kağıdı, aşındırıcı tespit plakasının iki ucundaki sıkıştırma çubukları ile tespit edilerek gerginleştirilir. Deney numunesine uygulanacak baskı miktarı deney numunesinin birim alan kütleğine göre değişmektedir.

**Tablo B. 1:** Uygulanacak Baskı Miktarının Numune Birim Alan Kütle Değişim Tablosu

Numunenin birim alan kütleği, g/m <sup>2</sup>	Baskı Kuvveti, N
100'e kadar	1
100-150	2
150-300	5
300 ve daha fazlası	10

Deney numunesi aşındırıcı üzerine indirilerek temas etmesi sağlanır. Bazı tip cihazlarda numunenin yerleştirildiği kısım dönme hareketi yaparak sürtünme sağlanırken, bazı cihazlarda ise hem aşındırıcının hem de numunenin yerleştirildiği kısım hareketlidir. Deney sırasında aşınma derecesine etki eden lif yığılmalarından kaçınabilmek için zaman zaman lif parçaları ve lif tozları yumuşak bir kıl fırça ile temizlenmelidir.

Deneyler ya belirlenen bir tur sayısında sona erdirilerek numunelerdeki kütle ve mukavemet kayıpları tespit edilir ya da kumaş yüzey yapısında bir delinme görüldüğünde deney sonlandırılır (Özdil, N., 2003).

#### **B.4 Martindale aşınma mukavemeti testi**

Kumaşlarda hem sürtünme hem de boncuklanma testleri için kullanılabilir. Hangi test yapılacak ise cihazın üst tablasını hareket ettiren tahrik tekerleklerinin pozisyonları değiştirilerek uygun hareket seçimi yapılır. Cihazın üzerinde bulunan test istasyonu sayısına göre ön kısımda ayrıca her birinin devir sayısını gösteren sayaçlar vardır.

Sürtünme testlerinde kendi eksenini etrafında serbestçe dönme hareketi yapan numune tutucuya yerleştirilmiş dairesel test numunesi, standart bir sürtünme kumaşına karşı belirli bir ağırlık altında aşındırılır. Her bir numune 38 mm çapında kesilir ve her biri ayrı bir numune tutucuya yerleştirilir. Düzgün bir yıpranma sağlamak için 500 g/m<sup>2</sup> den hafif kumaşların arkası standart bir süngerle (köpük) desteklenir. Numunenin sürtüdüğü standart aşındırma kumaşı 140 mm çapında kesilir ve aşındırma tablasına çember bir kısıkaçla sıkıca sabitlenir. Metal aşındırma masasına sürtünmeyi engellemek için standart aşındırma kumaşın altına keçeler yerleştirilir. Standart sürtünme materyalinin 50000 devirde yenilenmesi gerekir. Deney bir numuneden en az 3 deney parçası ile yapılır. Numuneler hazırlandıktan sonra üst plaka uygun pozisyonda iken kapatılır. Hareket seçiminde 3 farklı pozisyon vardır. Kumaş özelliğine göre numune tutucu pime 9 kPa (giysiler, döşemelik ve nevresim kumaşları hariç diğer ev tekstili kumaşları) ve 12 kPa lık (döşemelik, nevresim ve teknik kullanım amaçlı kumaşlar, iş kıyafetleri) ağırlık konulur.

Aşındırma işleminde test numunelerinin aşındırma kumaşı üzerinde yaptığı harekete Lissajous figürü denir. Bu figür dairesel hareketten dereceli olarak azalan elipsodik harekete ve sonunda çizgisel hale gelen hareket bu sefer aksi yönde hareket ederek dairesel harekete ulaşır. Bu değişken yönlü devamlı hareket ile numuneler üzerindeki elyaflar her doğrultuda aşınmaya maruz kalır.

Sürtünmeye karşı dayanım şu şekilde değerlendirilir:

**Numune kopmasının tayini :** kumaş numunesinde kopma oluşuncaya kadar aşındırma işlemine devam edilir. Aşağıdaki durumların ortaya çıkması halinde numunenin koptuğu kabul edilir:

- Dokunmuş kumaşlarda iki farklı ipliğin tamamen kopması,
- Örölmüş kumaşlarda bir deliğin oluşmasına neden olan bir ipliğin kopması,
- Havlı kumaşlarda havın yavaş yavaş tamamen ortadan yok olması,
- Dokusuz yapılarda bir aşınmanın sonucu çapı en az 0,5 mm'ye eşit ilk deliğin oluşması

Bütün deney parçalarında tanımlanan numune kopması oluşuncaya kadar aşındırma deneyine devam edilir. Yapılan ara kontrollerde tutucu ve bu tutucuya monte edilmiş deney parçası ipliklerin hasar görmemesine veya bozulmamasına dikkat edilerek deney cihazından alınır ve deney parçasının bütün alanı herhangi bir kopmaya karşı kontrol edilir. Henüz numunede herhangi bir kopma oluşmamış ise düzenli aralıklarla kontrol edilerek numunede kopma oluşmamış ise düzenli aralıklarla kontrol edilerek numunede kopma gözleninceye kadar deneye devam edilir.

**Kütle kaybının tayini:** Numune kumaşın aşınma direncinin değerlendirilmesi deney parçalarının kütle kaybı tayin edilerek yapılır. 38 mm çapında kesilen deney numuneleri kondisyonlandıktan sonra tartılarak kütlesi 1 mg yaklaşımla tayin edilir. Daha önceden birinci metoda göre bulunan yaklaşık son nokta için ilgili deney serilerine uygun olarak aşındırma hareketi sayısı seçilir. En az üç tane kütlesi bilinen deney parçası seçilen deney serilerindeki belirlenmiş deney aralıklarında aşındırma işlemine tabi tutulur.

Deney parçalarındaki kütle kaybını tayin etmek için deney parçaları bir pens yardımıyla tutucu klavuzdan alınır ve her iki yüzeydeki aşındırma sonucu oluşan döküntüler (elyaf döküntüsü) yumuşak bir fırça yardımıyla uzaklaştırılır. Her bir deney parçasının kütlesi bu parçalar standart atmosfer koşullarında kondisyonlandıktan sonra tartılarak 1 mg yaklaşımla tayin edilir. Aynı sayıdaki aşındırma hareketi için ortalama kütle kaybı hesaplanır. Deneye tabi tutulan kumaşın Tablo B.2'de verilen aşındırma hareketi sayısına karşı kütle kaybını gösteren grafik çizilir.

**Tablo B. 2:** Aşındırma Hareketi Sayısına Karşı Kütle Kaybı Gösterimi

Deney Serileri	Deney parçasının koptuğu aşındırma hareketi sayısı	Kütle kaybı tayininin yapılacağı aşındırma hareketi sayısı
a	≤1000	100, 250, 500, 1000 (1250)
b	>1000 ≤5000	500, 750, 1000, 2500, 5000, (7500)
c	>5000 ≤10000	1000, 2500, 5000, 7500, 10000, (15000)
d	>1000 ≤25000	5000, 7500, 10000, 15000, 25000, 40000, 50000, (75000)
e	>25000 ≤50000	10000, 15000, 25000, 40000, 50000, (75000)
f	>50000 ≤100000	10000, 25000, 50000, 75000, 100000, (125000)
g	>100000	25000, 50000, 75000, 100000, (125000)

**Görünüşteki değişikliğin değerlendirilmesi:** Bu metotla test edilen kumaşın aşınma dayanımının değerlendirilmesi deney parçalarının görünüşündeki değişikliğin değerlendirilmesi ile tayin edilir. Deney parçasının yüzey değişimi aşağıdaki iki metottan tercih edilen bir tanesi kullanılarak deney parçası ile aynı kumaştan alınmış ve deneye tabi tutulmamış bir kumaş karşılaştırılarak değerlendirilir.

- Taraflarca üzerinde anlaşılan sayıda aşındırma sürtme hareketi uygulanan aşındırma deneyi ve meydana gelen yüzey değişikliğinin değerlendirmesi
- Taraflarca üzerinde anlaşılan yüzey değişiminin meydana getirdiği aşındırma deneyi ve yüzey değişiminin meydana geldiği deney aralığının tayini.

Deney parçasında önceden belirlenen görünüş değişikliğinin oluşması için beklenen aşındırma hareketinin sayısına bağlı olarak belirli deney aralıkları kullanılır ve her aralıkta deney parçasının görünüşü değerlendirilir. Görünüşün değerlendirilmesi için deney parçası cihazdan alınır. Önceden belirlenen yüzey değişimi oluşmamış ise deney parçaları tekrar yerine yerleştirilerek bir sonraki deney aralığı uygulanmak için deneye devam edilir. Deney parçalarında önceden belirlenen yüzey görünüşü elde edilinceye kadar deney işlemi ve değerlendirme işlemine devam edilir (Özdil, N., 2003).

**Tablo B. 3:** Ozonlanmış Numunelerin Farklı Aşındırma Devirlerine Göre Meydana Gelen Kütle Kaybının Gram Cinsinden Gösterimi

Numune No	Ozon Dozajı (ml/l)	Gramaj (gr/m <sup>2</sup> )	Ozonlama Süresi (dk)	5000 devir	10000 devir	15000 devir	20000 devir	25000 devir	30000 devir	35000 devir	40000 devir	45000 devir
1	500	350	5	0,02	0,04	0,07	0,1	0,12	0,15	0,17	*	*
2	500	350	15	0,02	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	*	*
3	500	350	30	0,01	0,03	0,06	0,1	0,13	0,17	0,21	*	*
4	500	350	45	0,02	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	*	*
5	1000	350	5	0	0	0,01	0,02	0,06	*	*	*	*
6	1000	350	15	0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	*	*	*	*
7	1000	350	30	0,02	0,05	0,13	*	*	*	*	*	*
8	1000	350	45	0,01	0,04	0,1	0,18	*	*	*	*	*
9	500	400	5	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12	0,13	0,13	0,13	0,15
10	500	400	15	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,2
11	500	400	30	0,01	0,02	0,04	0,05	0,08	0,1	0,14	0,16	0,19
12	500	400	45	0,01	0,02	0,06	0,09	0,12	0,13	0,16	0,23	
13	1000	400	5	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12	*	*	*	*
14	1000	400	15	0,01	0,03	0,05	0,07	0,18	*	*	*	*
15	1000	400	30	0,02	0,04	0,07	0,09	0,21	*	*	*	*
16	1000	400	45	0,02	0,04	0,09	0,13	0,25	*	*	*	*
17	500	450	5	0,01	0,03	0,06	*	*	*	*	*	*
18	500	450	15	0	0	0,01	*	*	*	*	*	*
19	500	450	30	0,02	0,16	0,36	*	*	*	*	*	*
20	500	450	45	0,16	0,35	*	*	*	*	*	*	*
21	1000	450	5	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	*	*	*
22	1000	450	15	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19	0,36	*	*	*
23	1000	450	30	0,02	0,06	0,1	0,15	0,3	0,49	*	*	*
24	1000	450	45	0,02	0,07	0,12	0,18	0,24	0,27	*	*	*
25	500	500	5	0,02	0,05	0,08	0,12	0,15	0,17	0,2	0,23	0,26
26	500	500	15	0,02	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,27	0,37
27	500	500	30	0,02	0,04	0,08	0,26	*	*	*	*	*
28	500	500	45	0,04	0,08	0,13	0,19	0,23	0,27	0,32	0,38	0,43
29	1000	500	5	0,02	0,05	0,09	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25
30	1000	500	15	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22
31	1000	500	30	0,02	0,06	0,1	0,15	0,19	0,23	0,27	0,32	0,37
32	1000	500	45	0,01	0,06	0,11	0,17	0,23	0,26	0,3	0,34	0,39

Tablo B.3’de elde edilen değerler belirtilmiştir. Belirtilen değerlere göre özellikle aynı gramaja sahip numune kumaşlarda ozonlama işleminin süresi ve konsantrasyonu arttıkça aşınmaya karşı dayanım azalmış, 350 g/m<sup>2</sup>’lik numunelerde 1000 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında, 30 dakikalık işlem süresinde 20000 devirde numune kumaş tamamen havlarını kaybetmiş, zemin atkı ve çözgü iplikleri kısmen deforme olmuştur. 350 g/m<sup>2</sup>’lik numunelerde genel olarak en fazla kütle kaybı ozon gazı akışı ve işlem süresi yüksek olan numunelerde görülmüştür.

400 g/m<sup>2</sup>’lik gramaja sahip olan numunelerde 500 ml/dk’lık ozon gazı akış hızında numuneler 45000 devire kadar dayanabilmelerine rağmen, ozon gazı akış



hızı 1000 ml/dk'lık konsantrasyona çıkarıldığında 30000 devirde tüm numunelerin aşındığı görülmüştür.

450 g/m<sup>2</sup>'lik gramaja sahip olan numuneler, 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında 20000 devire kadar dayanabilmişlerdir. 1000 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında ise 30000 devirden sonra tamamen hav yüzeyini kaybedip zemin ipliklerini aşındırmaya başlamıştır. 450 g/m<sup>2</sup>'lik gramaja sahip numuneler içerisinde en çabuk aşındığı görülen numune ise 500 ml/dk'lık ozon gazı akış hızında, 45 dakika boyunca ozonla muamele edilen numunedir. 10000 devirde aşınmış havlarını kaybetmiştir.

500 g/m<sup>2</sup>'lik gramaja sahip olan numuneler, gramajlarının fazla olmasından kaynaklı aşınmaya karşı daha fazla direnç gösterebilmişlerdir. Dolayısı ile numunelerin genel olarak 45000 devire kadar dayanabildikleri gözlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde artan ozonlama konsantrasyonunun ve işlem süresinin havlu kumaşlar üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Fakat yapılan çalışmalarda hep aynı yönde giden bir sonuç eğrisi çıkmamıştır. Aşındırma işleminde etkili olabilecek diğer parametrelerde göz önünde bulundurularak daha derinlemesine çalışma yapılması gerekmektedir.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ŞEYMA SOYDAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : TOKAT / 26.03.1989

Lisans Üniversite :

Pamukkale Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği (2008 – 2012)

Diploma Notu: 3,27

Technical University of Liberec, Textile Engineering (2011-2012)

Diploma Notu: 3,80

Elektronik posta : seymasoydas@hotmail.com

İletişim Adresi : Merkez Mah. Müfit Saner Cad. Yavuz  
Apt. Kat:5 Daire:10 Değirmendere/İZMİT

İş Deneyimi :

Sönmez Tekstil SAN. TİC. LTD. ŞTİ. (06.2012-03.2014) Üretim Mühendisi

Yünsa Yünlü San. ve Tic. AŞ. (08.2014- ....) Ar-Ge Mühendisi