



**REAKTİF BASKILI VEYA BOYALI KUMAŞLARIN
BOYARMADDE SÖKÜMÜNDE OZON GAZI
KULLANIMININ SANAYİYE
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hülya BAŞARAN KICIK



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REAKTİF BASKILI VEYA BOYALI KUMAŞLARIN BOYARMADDE
SÖKÜMÜNDE OZON GAZI KULLANIMININ SANAYİYE
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hülya BAŞARAN KICIK

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

TEZ ONAYI

Hülya BAŞARAN KICIK tarafından hazırlanan “Reaktif Baskılı veya Boyalı Kumaşların Boyarmadde Sökümünde Ozon Gazı Kullanımının Sanayiye Uygulanabilirliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Başkan : Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Ozan AVİNÇ
Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

15.12.2017

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15/12/2017

 İmza

Hülya BAŞARAN KICIK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REAKTİF BASKILI VEYA BOYALI KUMAŞLARIN BOYARMADDE SÖKÜMÜNDE OZON GAZI KULLANIMININ SANAYİYE UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hülya BAŞARAN KICIK

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Bu çalışma, reaktif boyanmış veya basılmış hatalı kumaşların renk sökme işlemlerinde ozon kullanımının sanayi ölçekli başarı potansiyeli olup olmadığını değerlendirmek amacıyla başlatılmıştır. Çalışma esnasında sanayide karşılaşılan bir başka sorunun ise giderek yaygınlaşan dijital tekstil baskıcılığında baskı sonu, fikse öncesi fark edilen hatalar olduğu tespit edilmiştir. Bu hatalı kumaşların işletme içerisinde tıpkı baskı ve boyama işlemleri tamamlanmış hatalı kumaşlarda olduğu gibi tiyoüre dioksit ve soda kullanılarak 100°C gibi yüksek sıcaklıklarda tamamen renk sökümünün gerçekleştirilerek kumaşların tekrar aynı amaçla kullanılması sağlanmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen her iki durum için de konvansiyonel yöntem alternatif olarak ozon gazı ile renk sökme proseslerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple çalışmanın birinci aşamasında farklı renk ve desenlerde hatalı kumaşların hem klasik yöntemle ile hem de ozon prosesi ile renk sökümüne çalışılmış; ancak özellikle kalın gramajlı kumaşlarda istenen başarı elde edilememiştir. Diğer taraftan çalışmanın ikinci aşaması olan dijital baskı sonrası kumaşların renksizleştirilmesinde ise oldukça tatmin edici sonuçlar alınmış, çevresel yük, zaman ve maliyet açısından büyük avantajlar sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: : Ozon, dijital baskı, renksizleştirme, renk sökme, reaktif baskılı kumaş, reaktif boyalı kumaş, hatalı baskı, hatalı boyama.

2017, viii + 85 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

**A RESEARCH ON APPLICABILITY OF OZONE GAS USAGE IN INDUSTRY FOR
COLOR STRIPPING OF REACTIVE PRINTED OR DYED FABRICS**

Hülya BAŞARAN KICIK

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

This study was started to evaluate potential for success of color stripping of off-shade reactive dyed and misprinted fabrics by ozone treatment in industrial scale. Another problem in the site determined during the study was defects noticed before steaming and after printing in digital textile printing which is gradually become popular. These misprinted fabrics are provided reuse for the same purpose after color stripping exactly by using the same process to decolorisation of misprinted or off-shade dyed fabrics using tiourea dioxide and soda ash at the high temperatures as 100°C.

It was aimed to develop novel processes for color stripping by ozone gas substitute for conventional treatment for both situation above mentioned. For this reason in the first part of the study misprinted and off-shade fabrics were tried to strip colors both conventional treatment and ozone process, but it could not have successful especially high weighted fabrics. On the other hand, it was taken satisfactory results in the decolorisation of reactive inkjet misprinted fabrics just after printing before steaming which is the second part of the study and also novel process showed noticeable advantages on environmental impact, time and cost.

Key words: Ozone, digital textile printing, decolorisation, color stripping, reactive printed fabric, reactive dyed fabric, misprinted, off-shade dyeing.

2017, viii + 85 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen, karşılaştığım her türlü sorunun çözümü sırasında desteğini gördüğüm, değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca sürekli fikir alışverişinde bulunduğum ve çalışmalarına düşünceleriyle büyük katkı sağlayan sevgili arkadaşım ve meslektaşım Akbaşlar Tekstil Dijital Baskı Sorumlusu Fatıma SARI'ya, kükürt tayini tespitinde laboratuvarlarının kapılarını bana sonuna dek açan Rudolf Duraner laboratuvarı çalışanlarına, çalışmam süresince imkanlarından faydalandığım Akbaşlar Tekstil Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye, yapmış olduğum deneysel çalışmaların fiziksel performansını ölçmemde katkıları olan Akbaşlar Tekstil Fiziksel Test Birimi Sorumlusu Sevilcan VATANSEVER ve diğer çalışanlarına, beyazlık ölçümlerinde göstermiş olduğu işbirliğinden dolayı Akbaşlar Tekstil Kimyasal Analiz Birimi Sorumlusu Fahriye TOY'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca deneysel çalışmalarım sırasındaki yardımlarından dolayı kimyager Cüneyt ŞEN'e ve tekstil mühendisi Hilal KOKUS'a, yüksek lisans çalışmamda manevi desteğini benden esirgemeyen Akbaşlar Tekstil Ar-Ge Merkezi Müdürü Dr. Seda GÜNDOĞAN'a teşekkür ederim.

Son olarak desteklerini her zaman hissettiğim, her kararımda yanımda olan ve kendimi şanslı hissetmemi sağlayan sevgili eşim Ozan Fırat KICIK'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hülya BAŞARAN KICIK

15/12/2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Selülozik Liflerinin Özellikleri	3
2.1.1. Selülozun kimyasal özellikleri	4
2.1.2. Selülozun fiziksel özellikleri	6
2.2. Selülozik Liflerden Üretilmiş Kumaşların Boyanması ve Baskısı	7
2.2.1. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların boyanması	7
2.2.2. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması .	10
2.2.3. Reaktif boyama sonrası ard işlemler	18
2.2.4. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların baskısı	23
2.2.5. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların reaktif boyarmaddelerle baskısı	24
2.2.6. Reaktif baskı sonrası ard işlemler	25
2.3. Hatalı Boyamalar ve Baskılar Sonrası Boyarmadde Sökümü	26
2.3.1. Boyama hataları	26
2.3.2. Baskı hataları	28
2.3.3. Reaktif boyarmaddelerle boyanmış selülozda renk sökme prosesleri	30
2.4. Ozon Gazının Özellikleri ve Endüstride Kullanımı	33
2.4.1. Ozon gazı üretimi ve özellikleri	35
2.4.2. Ozonlama işleminde etkin olan parametreler	39
2.4.3. Ozonlama ile atık su arıtımı	40
2.4.4. Ozonun tekstilde kullanımı	41
2.4.5. Ozonun insan sağlığına etkisi	42
3. MATERYAL VE YÖNTEM	44
3.1. Materyal	44
3.1.1. Kumaşlar	44
3.1.2. Boyarmadde ve yardımcı kimyasallar	46
3.1.3. Kullanılan cihazlar	50
3.2. Yöntem	52
3.2.1. Konvansiyonel yöntemle yapılan renk sökme işlemi	52
3.2.2. Ozonlama yöntemiyle yapılan optimizasyon	52
3.2.3. Kumaşlar üzerinde yapılan ölçümler	53
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
4.1. Kumaşlar Arası Kuvvet Analizi, Beyazlık Dereceleri ve Üniformluk	56
4.2. Kumaşlardaki Kükürt Varlığı.....	71
4.3. Uygulanan Yöntemlerin Proses Süreleri.....	72
4.4. Uygulanan Yöntemlerin Proses Maliyetleri	73

4.5. Uygulanan Yöntemlerin Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	75
4.6. İşlem Sonrası Kumaşlardaki Hasar Tespiti	76
4.7. Renk Sökme İşlemi Yapılan Kumaşların Tekrar Kullanımı	78
5. SONUÇ	79
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	85



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	Selüloz molekülünü birbirine bağlayan hidrojen köprüleri 3
Şekil 2.2.	Selülozun su molekülü ile H- köprüsü şeklinde bağlanması 4
Şekil 2.3.	Jigger makinesi şematik görüntüsü 11
Şekil 2.4.	Haspel boyama makinesi şematik görüntüsü..... 12
Şekil 2.5.	Jet (A) ve overflow (B) boyama makinesi..... 12
Şekil 2.6.	Reaktif boyarmaddelerin şematik yapısı 14
Şekil 2.7.	Reaktif boyarmaddelerin kromofor gruplarının kimyasal yapıları ve bazı karakteristik özellikleri 15
Şekil 2.8.	Yıkama haslığında kullanılan Gyrowash makinesi 19
Şekil 2.9.	Su haslığında kullanılan perspirometre cihazı ve etüv 20
Şekil 2.10.	Kuru ve yağ sürtme haslığında kullanılan crockmeter test cihazı ... 21
Şekil 2.11.	Kumaş kopma mukavemeti testleri için kullanılan cihaz 22
Şekil 2.12.	Yırtılma mukavemet test cihazı (Elmatear) 22
Şekil 2.13.	Patlama mukavemet test cihazı 23
Şekil 2.14.	TUDO (a) ve hidrosülfitin (b) indirgeme reaksiyonları..... 31
Şekil 2.15.	Elektrolitik ozon üretimi yapan bir cihazın çalışma prensibi 37
Şekil 2.16.	Corona discharge prensibine göre çalışan bir ozon jeneratörünün çalışma prensibi 38
Şekil 3.1.	Ozon beslemeli prototip jet makinesi 51
Şekil 4.1.	CV2 kodlu kumaşta ozon etkinliğini arttırmak amacıyla yapılan deneme sonuçları 57
Şekil 4.2.	COa kodlu kumaşta ozon etkinliğini ve penetrasyonu arttırmak amacıyla yapılan deneme sonuçları 57
Şekil 4.3.	Kükürt varlığı sonuçları 72
Şekil 4.4.	Pamuk ve viskon dokuma kumaşlardaki ortalama kopma mukavemetleri..... 78
Şekil 4.5.	Orijinal baskı ve renk sökümü sonu baskı sonuçlarının karşılaştırılması..... 78

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1.	Selülozik liflerin özellikleri 6
Çizelge 2.2.	Boyarmaddelerin temel özellikleri 7
Çizelge 2.3.	Ozonun fiziksel ve kimyasal özellikleri 33
Çizelge 2.4.	Boyama atık sularının karakteristikleri 41
Çizelge 3.1.	Çalışmada deneme yapılan baskılı kumaşlar 44
Çizelge 3.2.	Çalışmada deneme yapılan düz boyalı kumaşlar 45
Çizelge 3.3.	Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan kumaşlar 45
Çizelge 3.4.	Baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler 47
Çizelge 3.5.	Boya işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler 48
Çizelge 3.6.	Boya ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan yardımcı kimyasallar 48
Çizelge 3.7.	Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler 49
Çizelge 3.8.	Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan yardımcı kimyasal listesi 50
Çizelge 3.9.	Renk sökme işleminin gerçekleştirildiği cihaz ve yardımcı ekipmanlar 51
Çizelge 3.10.	Kullanılan test standartları ve test cihazları 52
Çizelge 3.11.	Renk sökme prosesleri 53
Çizelge 4.1.	Boyama ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda renk söküm derecelerini gösteren kuvvet analizi tablosu 56
Çizelge 4.2.	%100 Pamuk 115 g/m ² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları 58
Çizelge 4.3.	CO-90-O3 kodlu kumaşın P1 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 59
Çizelge 4.4.	CO-90-O3 kodlu kumaşın P2 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 59
Çizelge 4.5.	CO-90-O3 kodlu kumaşın P3 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 60
Çizelge 4.6.	%100 Pamuk 80 g/m ² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları 61
Çizelge 4.7.	CO-30-O3 kodlu kumaşın P4 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 62
Çizelge 4.8.	CO-30-O3 kodlu kumaşın P5 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 62
Çizelge 4.9.	CO-30-O3 kodlu kumaşın P6 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri 63

Çizelge 4.10.	%100 Viskon 115 g/m ² olan kaliteye basılan 4 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları	64
Çizelge 4.11.	CV-60-O3 kodlu kumaşın P7 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	65
Çizelge 4.12.	CV-60-O3 kodlu kumaşın P8 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	65
Çizelge 4.13.	CV-60-O3 kodlu kumaşın P9 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	66
Çizelge 4.14.	CV-60-O3 kodlu kumaşın P10 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	67
Çizelge 4.15.	%100 Viskon 80 g/m ² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları	68
Çizelge 4.16.	CV-45-O3 kodlu kumaşın P11 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri.....	69
Çizelge 4.17.	CV-45-O3 kodlu kumaşın P12 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	69
Çizelge 4.18.	CV-45-O3 kodlu kumaşın P13 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri	70
Çizelge 4.19.	Ozon işlemine tabi tutulan tüm kumaşların beyazlık derecelerinin ortalamasının konvansiyonel proses ile kıyaslanması	71
Çizelge 4.20.	Ozonlama süreleri	72
Çizelge 4.21.	Su ve atık su maliyetleri	73
Çizelge 4.22.	Enerji maliyetleri	74
Çizelge 4.23.	Kimyasal maliyeti	75
Çizelge 4.24.	İşçilik maliyeti	75
Çizelge 4.25.	Proses süresi	75
Çizelge 4.26.	Konvansiyonel yöntem ve ozonlama prosesi arasındaki KOI farkı	76
Çizelge 4.27.	Kumaşlara ait kopma mukavemetleri	77

1. GİRİŞ

Günümüzde giderek büyüyen sanayi sektörü ve dünya nüfusunun artması ile çevre büyük ölçüde kirlenmekte, insan sağlığını tehdit eden maddeler çalışanların yaşam standardını düşürmektedir. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla büyük markalar, ürünlerinin üretimi sırasında meydana gelen kirliliğin sorumluluğunu üstlenmeye başlamışlardır. Artık moda yön veren firmalar yalnızca kumaşlar üzerinde değil aynı zamanda kumaşların üretimi esnasında da çevreye ve insan sağlığına zararlı yöntem ve kimyasalların kullanımına kısıtlamalar ve yasaklamalar getirmeye başlamıştır.

Tekstil endüstrisinde çevresel kirliliğin en büyük kaynağı boyama ve bitim işlemlerindeki atık suların kaynaklanmaktadır (Ercan ve ark. 2015). Bu sebeple tekstilde atık suyun arıtımı üzerine birçok çalışma mevcuttur. Ancak esas olan kirliliği yerinde önlemektir. Bu amaçla tekstil proseslerinin gözden geçirilmesi, proseslerin kısaltılması kullanılan mevcut ürünlerin yerine çevre ve insan sağlığı açısından sorun teşkil etmeyecek kimyasallarla değiştirilmesi üzerine çalışılmalıdır. Bu sayede problem kökünden azaltılmış ve hatta engellenmiş olur.

Tekstil sektöründe kullanılmak üzere dünya çapında ortalama 10 000 tondan fazla boyarmadde üretilmektedir (Patil ve Shukla 2015). Kilogram tekstil ürünü başına düşen atık su miktarı 300 litreye ulaşmaktadır (Bilinska ve ark. 2017). Bu atık sulardaki boyarmaddeleri uzaklaştırmakta kullanılan mevcut metodolojiler kimyasal, fiziksel ve biyolojik prosesler olarak sınıflandırılmıştır ve tekstil atık suyuna uygulanacak prosesler kirlilik yükünün tipine ve miktarına bağlıdır (Holkar ve ark. 2016). Kimyasal prosesler güçlü yükseltgen maddelerin (örneğin H_2O_2 , O_3) kullanıldığı yöntemleri ve ileri oksidasyon tekniklerini (örneğin H_2O_2/UV ya da elektrokimyasal oksidasyon) içermektedir (Paz ve ark. 2017). İleri oksidasyon yöntemleri ile yapılan deneyler neticesinde endüstriye uygulanabilirlik açısından en uygun yöntemin ozonlama olduğu bulunmuştur (Bilinska ve ark. 2017).

Tekstil üretimi incelendiğinde tek seferde doğru ve hatasız üretim her zaman mümkün olmamakta, bu sebeple kumaşların hatalarını gidermek veya kumaşları tekrar kullanılabilir hale getirmek için tekrar işleme alındığında zaman ve maliyetin yanı sıra ekstra kirlilik de oluşmaktadır. Bu kirliliğin sebeplerinden biri hatalı boyanmış veya

basılmış kumaşların renk sökümünde kostik, tiyoüre dioksit, soda gibi oldukça kuvvetli ve kirlilik yükü fazla kimyasalların kullanılmasıdır. Atık su arıtımında kullanılan ozon gazının renk giderim prensibine bakıldığında hatalı kumaşların renk sökümünde kullanılan kuvvetli kimyasalların yerine ikame edilebileceği görülmektedir. Bu çalışmada da kirliliği yerinde önlemek amacıyla reaktif boyarmaddelerle hatalı boyanmış ve/veya basılmış kumaşların renklerinin sökülmesi için ozon gazının kullanıldığı yenilikçi bir metot geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ancak kumaşı renksizleştirirken yalnızca renk giderimi yapmak yeterli olmaz; aynı zamanda kumaşın standart prosese kıyasla fiziksel performansının ve kimyasal özelliklerinin de değişmemesi gereklidir. Hatta sanayide yaygın bir kullanıma sahip olabilmesi için proses maliyetlerinin de mevcut prosesten fazla olmaması istenir. Böylece markaların getirmiş olduğu kimyasal kısıtlamalara uyum çok daha kolay sağlanacaktır.

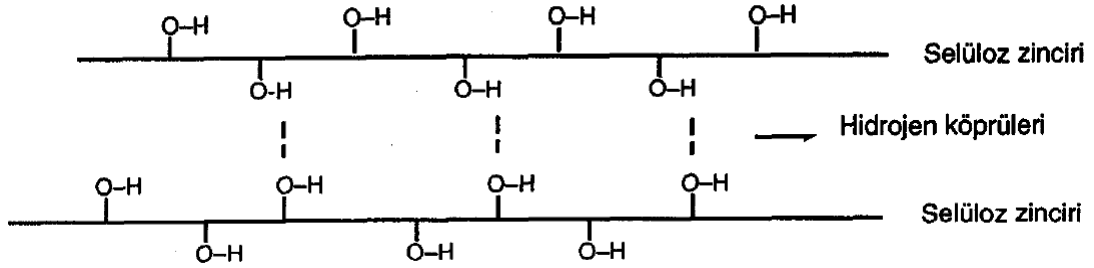
Tekstil sektöründe en büyük kirliliğin boyama ve terbiye işlemlerinden kaynaklandığı düşünüldüğünde ve atık su arıtımında herhangi bir kirlilik yükü oluşturmayan ozon gazının başarılı kullanıma sahip olduğu bilindiğinden yapılacak çalışma umut vadetmektedir. Ayrıca bu, ozon gazının tekstil sektöründe ilk kullanımı da değildir. Daha önce pamuk, yün vb. elyafların ağartılmasında, denim sektöründe ve polysterin ard yıkama işlemlerinde kullanılmasını içeren çalışmalar incelendiğinde tamamının birbirini desteklediği görülmektedir. Bu da çalışmadan olumlu sonuç elde edileceği fikrini desteklemektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Selülozik Liflerinin Özellikleri

Selüloz, bitkilerde hücre yapısını büyük oranda oluşturan bir polisakkarittir. Bitkilerin hücre çeperi selülozdan oluşur. Selüloz molekülü %44,4 C, %6,2 H ve %49,4 O atomu ihtiva eder ve kaba formülü $(C_6H_{10}O_5)_x$ olarak gösterilir. Kimyasal yapıya bakıldığında selülozun bir karbonhidrat olduğu söylenebilir. Karbonhidratlar, aktif aldehit veya keton grubuna sahip polihidroksi alkoller veya hidroliz edildiklerinde bu maddeleri veren bileşiklerdir. Moleküllerinde 6 veya daha az karbon atomu içeren karbonhidratlara monosakkarit denir ve monosakkaritlerin glikozit bağı ile birleşiminden polisakkaritler oluşur. Bu sebeple selüloz, binlerce glikoz molekülünden oluşmuş bir polisakkarittir (Başer 2002).

Selülozik tekstil liflerine bakıldığında yapılarında bulunan selüloz oranları ortalama olarak ketende %80, pamukta %90 civarındadır. Geri kalan kısımlar linyin, pektin, yağ ve vaks gibi bileşiklerden oluşur (Başer 2002).



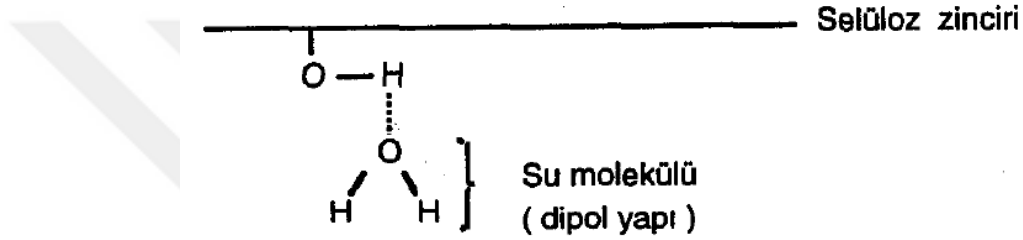
Şekil 2.1. Selüloz molekülünü birbirine bağlayan hidrojen köprüleri (Başer 2002)

Selüloz zincirleri paralel şekilde düzenlendiğinde birbirlerine hidrojen köprüleri sayesinde sağlam bir şekilde bağlanırlar. Bu bağlanmanın ne şekilde gerçekleştiği Şekil 2.1'de görülmektedir. Moleküler yapıdaki kristalin bölgeler bu bağlanma ile oluşur. Polimer yapılarının düzenli bir formda olmadığı kısımlarsa amorf bölgeleri oluşturur. Molekülü oluşturan kristalin ve amorf bölge oranları elyafın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde etkilidir. Selülozik liflerin birbirinden farklı özellikler göstermelerinin sebebi polimerizasyon derecelerindeki farklılık ve kristalin-amorf bölgelerindeki dağılımdır. Viskonda kristalin bölge oranı %40 iken pamukta %70'tir.

Polimerizasyon derecelerine bakıldığında da pamukta 3 000-11 500 arası, viskon gibi rejenere selüloz liflerinde ise 350-800 civarındadır (Başer 2002).

2.1.1. Selülozun kimyasal özellikleri

Suyun etkisi: Su molekülünün dipol karakterde olmasından dolayı sudaki oksijen atomları, selülozun alkol grupları ile hidrojen köprüleri meydana getirir. Bu da selülozik bir kumaşın ıslandığında su moleküllerinin selülozun üzerine bağlanmasına sebep olur (Şekil 2.2). Polimer zincirleri arasına giren su moleküllerinden dolayı zincirlerin arası açılarak elyafta şişme görülür (Başer 2002).



Şekil 2.2. Selülozun su molekülü ile H- köprüsü şeklinde bağlanması (Başer 2002)

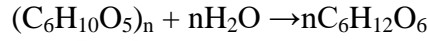
Elyafta görülen şişme, bu elyaftan dokunmuş kumaşları da etkiler ve kumaşta ence ve boyca kısalma görülür. Serbest hidroksil gruplarının az bulunduğu selülozik liflerde, su molekülü hidrojen bağı sayesinde elyaf içerisine nüfuz edemediğinden kesit şişmesi azdır. Diasetat ve triasetat lifleri bu gruba örnek verilebilir. Rejenere selüloz liflerinden olan viskonda ise pamuğa göre kesit şişmesinin daha yüksek olmasının sebebi yapısında var olan amorf bölgelerin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Amorf bölge oranı arttıkça lif içerisine nüfuz eden su miktarı da artar (İçoğlu 2006).

Su, selülozik liflere yalnızca kesit şişmesi olarak etki etmez, materyalin kopma dayanımlarında da değişime neden olur. Rejenere selüloz liflerinin polimerizasyon dereceleri düşük olduğundan dolayı makro moleküller arasındaki bağların sayısı azdır. Ayrıca amorf bölgelerinin çok oluşu da bünyelerine fazla su almalarını sağladığından makro moleküllerin arası iyice açılır ve bağlar zayıflar. Bu da kopma mukavemetinde düşüğe neden olur. Doğal selülozik liflerde ise makro molekül zincirleri uzundur ve kristalin bölge oranı rejenere selüloz liflerine göre daha yüksektir. Bu nedenle pamuk gibi doğal selülozik liflerin ıslak mukavemetinde artış görülür (İçoğlu 2006).

Organik çözücülerin etkisi: Yapılan araştırmalarda organik çözücülerin selüloza zarar vermediği ve etki etmediği görölmüştür (Başer 2002).

Asitlerin etkisi: Selülozik lifler asitlere karşı dayanıksızdır. Bunun sebebi selülozun makromolekülünde bulunan glikoz yapıtaşlarını birbirine bağlayan oksijen köprülerinin asitler tarafından parçalanmasıdır. Bu parçalanma ile polimerizasyon derecesi düşer ve elyaf özellikleri de buna bağlı olarak değişir (Başer 2002).

Asitlerin etkisiyle parçalanan selüloz lifi hidroselüloz olarak isimlendirilir ve hidroliz sonunda glikoz elde edilir.



Sülfirik asit, nitrik asit ve hidroklorik asit gibi anorganik asitlerin reaksiyon yetenekleri çok yüksektir; buna karşılık, asetik ve formik asit gibi organik asitler zayıf hidrolizleyicilerdir. Bu sebeple nötralizasyon işlemlerinde organik asitler tercih edilmelidir (Başer 2002).

Tuzların etkisi: Tuzlar selülozu şişirir ve kısmen çözer. Küçük katyon ve büyük anyondan oluşan tuzlar selülozu en fazla etkileyen tuz çeşididir. Alkali ve toprak alkali metal tuzlarının anyon çapı büyüdükçe selülozu çözme yetenekleri de artar (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Bazların etkisi: Selülozik lifler genel olarak bazlara karşı oldukça dayanıklıdır. Ancak yüksek sıcaklıklarda selülozun yükseltgenmesine neden olabilirler. Bu şekilde yükseltgenen selüloza oksiselüloz denir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Selüloz oda sıcaklığında yüksek konsantrasyondaki sodyum hidroksit çözeltilisinde şişer ve boyca kısalır. Eğer bu kısalma engellenirse materyal parlaklık kazanır. Tekstil terbiyesinde parlak pamuk mamuller elde etmek için yapılan mercerizasyon işleminde selülozun derişik kostik çözeltilisindeki şişme özelliğinden faydalanılmaktadır.

Bazların alkali iyon çapı arttıkça selülozun şişme oranı azalır. Selüloz bazlarda bir miktar çözünür. Bu çözünme sıcaklık düşükçe artar, ayrıca selülozun makromolekül zincir uzunluğuna bağlı olarak değişir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Yükseltgen maddelerin etkisi: Kuvvetli yükseltgen maddeler yüksek sıcaklıklarda selülozun makro moleküllerini parçalar. Bu sebeple selülozun ağartılmasında kullanılan yükseltgen maddelerin selüloza zarar vermemesi için reçete ve proses şartlarına dikkat edilmelidir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Işığın ve atmosferin etkisi: Güneşin UV ışınları selüloz elyafını zamanla yükseltgeyerek oksiselüloza dönüştürür. Bu da materyalin mukavemetinde düşüşe neden olur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

2.1.2. Selülozun fiziksel özellikleri

Selülozik liflerin fiziksel özellikleri, polimerizasyon dereceleri ve yapılarındaki kristalin ve amorf bölge oranlarına göre değişiklik gösterir. Viskon liflerinde %40 olan kristalin yapı, pamukta %70 civarındadır. Bu sebeple viskon lifleri, pamuk liflerine göre daha düşük mukavemet göstermektedir. Teorik olarak kristalin yapı arttıkça elyafın buruşma özelliğinin arttığı söylenebilir. Keten lifinin pamuk lifine oranla daha fazla buruşmasının sebebi budur. Ancak viskon lifi düşük kristalin bölgeden dolayı pamuğa göre daha az buruşması gerekirken daha fazla buruşmaktadır. Bunun sebebi ise viskon lifinin higroskopik neminin pamuğa göre yüksek olmasıyla açıklanır. Viskon lifinin su tutma değerinin pamuğa göre yüksek olması lif şişmesinin de fazla olduğu anlamına gelir ki bu da viskon mamullerin pamuk mamullere oranla yıkama çekmesi değerlerinin daha yüksek olduğu anlamına gelir (Kut 2009). Çizelge 2.1'de selüloz esaslı temel liflerin elyaf özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Selülozik liflerin özellikleri (Özgüney ve ark. 2006)

LİF ÖZELLİKLERİ	BİRİM	PAMUK	VİSKON	MODAL	BAKIR	LYOCELL
Lif İnceliği	dtex	1,8	1-100	1-3,3	1,4-2,2	0,9-3,3
Kuru Kopma Dayanımı	cN/tex	24-28	20-24	34-36	15-20	40-44
Kuru Kopma Uzaması	%	7-9	20-25	13-15	7-23	14-16
Yaş Kopma Dayanımı	cN/tex	25-30	10-15	19-21	9-12	34-38
Relatif Yaş Dayanımı	%	105	55	57	60	85
Su Tutma Değeri	%	45-55	90-100	75-80	100	65-70

2.2. Selülozik Liflerden Üretilmiş Kumaşların Boyanması ve Baskısı

Selüloz elyafının boyanması ve baskısı reaktif, direk, küp, kükürt, indigo, naftol ve pigment boyarmaddeleriyle gerçekleştirilmektedir. Kısaca asit, metal kompleks ve dispers boyarmaddeler dışındaki boyarmaddelerle selüloz esaslı liflere boya ve baskı yapılabilmektedir.

2.2.1. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların boyanması

Selülozik kumaşların boyanmasından en yaygın kullanılan boyarmaddeler reaktif boyarmaddelerdir. Bunun dışında akar boya efektleri için pigment boyarmaddeler, denim kumaşlarda indigo boyarmaddeler, özellikle siyah renklerde maliyetleri düşük olduğu için direk boyarmaddeler kullanılabilir. Çizelge 2.2’de boyarmadde seçimi yapabilmek için boyarmaddelerin temel özellikleri sıralanmıştır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Çizelge 2.2. Boyarmaddelerin temel özellikleri (Yakartepe ve Yakartepe 1998)

İSTENEN ÖZELLİK	REAKTİF	DİREKT	KÜP	KÜKÜRT	NAFTOL
Suda çözünürlük	İyi	İyi	Çözünmez, özel uygulamalarla çözünür hale getirilir	Çözünmez, özel uygulamalarla çözünür hale getirilir	Naftol kompozenti çözünür. Elyaf üzerinde çözünmez hale getirilir.
Maliyet	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Orta
Uygulama kolaylığı	İyi	Çok iyi	Zor, çözünür hale getirilir, tekrar çözünmez hale getirilir	Zor, çözünür hale getirilir, tekrar çözünmez hale getirilir	Çok zor, dikkatli hesaplamalar gerektirir.
Kontinü yöntemlere uygunluk	Çok iyi	Orta	Orta	Orta	Düşük
Işık haslığı	İyi	İyi-çok iyi	Orta-İyi	Orta-İyi	Orta-İyi
Yaş haslığı	İyi	Düşük	Çok iyi	İyi	Çok iyi
Renk gamı	Çok iyi	Çok iyi	Orta-İyi	Zayıf	Sınırlı
Renk parlaklığı	Çok iyi	Çok iyi	Orta-İyi	Orta	İyi
Boyama süresi (ard işlemler dahil)	5-7 saat	2-4 saat	3-4 saat	3-4 saat	4-6 saat

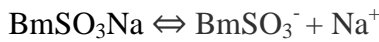
Pamuk, viskon, keten vb. selülozik lifler ıslak durumda çok katı ve flotte geçişini engelleyen bir yapı oluşturduğundan açık elyaf olarak boyanmaları yaygın değildir. Büyük çoğunlukla ön terbiye işlemleri tamamlanmış kumaşların boyanması söz konusu olsa da branda ve tente gibi bazı kumaş türlerinde ham kumaş boyaması yapılabilir (Çoban 1999).

1998 verilerine göre dünyada selülozik lifleri boyamak için 300 000 tondan fazla boyarmadde kullanılmaktadır. Bu boyarmaddelerin %42'sini reaktif, %32'sini kükürt, %11'ini direkt, %11'ini vat ve %4'ünü inkişaf boyarmaddeleri oluşturmaktadır (Phillips 2002).

Reaktif boyarmaddelerin selüloz elyafına bağlanması kovalent bağlarla gerçekleşirken bu bağlanma direkt, küp, kükürt ve naftol boyarmaddelerinde adsorbsiyon yoluyla mümkün olmaktadır (Becerir 2006).

Direkt boyarmaddeler suda çözünebilir ve çoğunlukla azo grubu boyarmaddelerdir. Liflere karşı afiniteleri olduğundan liflere aracısız bağlanırlar ve bu yüzden de direkt boyarmadde adını almışlardır. Çektirme yöntemine göre yapılan boyama işlemlerinde boyarmadde öncelikle adsorbsiyon ile liflere yanaşmakta ardından amorf bölgelere nüfuz ederek H-köprüleri, Van der Waals kuvvetleri ve dipol çekim kuvvetleri ile liflere bağlanmaktadır. Boyama esnasında boyarmaddelerin daha fazla oranda kumaşa geçmesi için flotte içerisine tuz ilavesi yapılmaktadır (Çoban 1999).

Boyarmadde ortamda aşağıdaki şekilde çözünür.

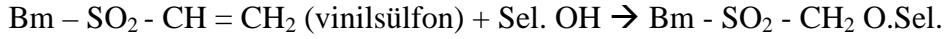


Bu çift yönlü reaksiyonda Na^+ arttıkça boyarmaddenin çözünmemiş şekilde bulunması artacağından flotteye ilave edilen sodyum sülfat veya sodyum klorür sayesinde boyarmaddenin çözünmesi azaltılarak selüloz lifi tarafından alınan boyarmadde molekülü miktarı artırılmış olur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Reaktif boyarmaddeler selüloz elyafına kovalent bağlarla bağlandıklarından yaş haslıkları yüksek kumaşlar elde edilebilmektedir. Boyama süreleri kısa olsa da oldukça uzun yıkama prosesleri vardır. Yıkamanın etkili bir şekilde yapılması yaş haslıklar açısından son derece önemli ve gereklidir. Reaktif boyarmaddelerin selüloz lifleri ile

OH grubu üzerinden kovalent bağ yapıları bazik ortamda gerçekleşmektedir. Bazik ortamı sağlamak için kullanılan kimyasallar sodyum hidroksit, soda, trisodyum fosfat, sodyum hidrojen karbonat olabilir (Çoban 1999).

Reaktif boyarmaddeler selüloz elyafı ile aşağıdaki reaksiyona göre kovalent bağ oluşturur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).



İndantren olarak da bilinen küp boyarmaddeleri suda çözünmediğinden boyamada kullanılabilmesi için öncelikle bazik ortamda küpleme işlemi yapılması gerekmektedir. Bazik ortam oluşturmak için sodyum hidroksit, indirgen madde olarak da hidrosülfit kullanılmaktadır. Küplenmiş boyarmadde suda çözünen ve liflere afinitesi olan bir hale getirildikten sonra boyama işlemi yapılır ve ardından oksidasyon işlemi ile boyarmadde tekrar su çözünmeyen hale getirilir. Oluşturulan suda çözünmez yapı sayesinde yaş haslıklar da yüksek çıkmaktadır. Reaktif ve direkt boyarmaddelerdeki çalışma kolaylığı bu boyarmaddelerle çalışırken yoktur (Çoban 1999).

Küp boyarmaddeleriyle boyamada sıcaklık boyarmaddenin boyama özelliklerine göre değişir. Buna göre boyarmaddeler soğukta boyayan (IK), ılıkta boyayan (IW) ve sıcakta boyayan (IN) olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. Soğukta boyanan boyarmaddelerde agregasyon derecesi düşük olduğu için flotteye tuz ilave edilerek boyarmadde alımı arttırılmaktadır. Ancak sıcakta boyayan boyarmadde grubu gibi agregasyon derecesinin çok büyük olması da boyarmaddenin life difüzyonunu güçleştirmektedir. Bu durumda parçalanma gerçekleştirebilmek için sıcaklığın yükseltilmesi gerekmektedir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Kükürt boyarmaddeleri de küp boyarmaddeleri gibi suda çözünmez bir yapıdadır ve önce indirgenerek liflere afiniteli hale getirilmelidir. Eskiden indirgen madde olarak kullanılan sodyumsülfür yerine glikoz ve hidrosülfit karışımı tercih edilmektedir. Bunun sebebi sodyum sülfürün çevre açısından daha zararlı olmasıdır. Bu boyarmaddelerle de küp boyarmaddelerde olduğu gibi her türlü renk elde edilememektedir. Ancak yıkama ve ışık haslıklarının iyi olması ve nispeten ucuz boyarmadde olmaları sebebiyle halen az da olsa tercih edilmektedir (Çoban 1999).

Kükürt boyamadan önce pamuklu kumaşların mercerizasyonu boya verimini %30-40 arttırmışından dolayı oldukça avantajlıdır. Emdirme yöntemine göre boyama mümkün olduğu halde kumaş boyunca farklı boya alım riski olduğundan tercih edilmemektedir. Bu farklılığın sebebi kükürt boyarmaddenin çözünür halde kalması için ısıtılması gerektiği ve sıcaklık artışının kumaşta boya alım farkına sebep olmasıdır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

İnkişaf (Naftol) boyarmaddeleri hem yapı hem de boyama şekli bakımından diğer boyarmaddelerden farklıdır. Boyarmaddenin asıl yapısını Naftol As bileşiği oluşturmaktadır. Naftol bileşiklerinin kanserojen etkileri ve çalışmadaki zorlukları nedeniyle bu boyarmadde grubunun günümüzde yaygın olarak kullanımı yoktur (Çoban 1999).

Naftol bileşiği naftolata dönüştürülerek birinci banyoda zeminleme yapıldıktan sonra tekstil mamulüne aktarılan naftolat fazlasının giderilmesi için ara muamele yapılır. Bu muamele sıkma, emme, santrifüj veya sudkostik ve tuz içeren banyoda soğukta durulama şeklinde olabilir. ara muamelenin ardından kumaş diazonyum tuzu ile işleme sokularak kumaş üzerinde asıl boyarmadde oluşturulmaktadır. Son boyamanın haslığını korumak için yıkama ve sabunlama işlemleri yapılarak boyama işlemi tamamlanır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

2.2.2. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması

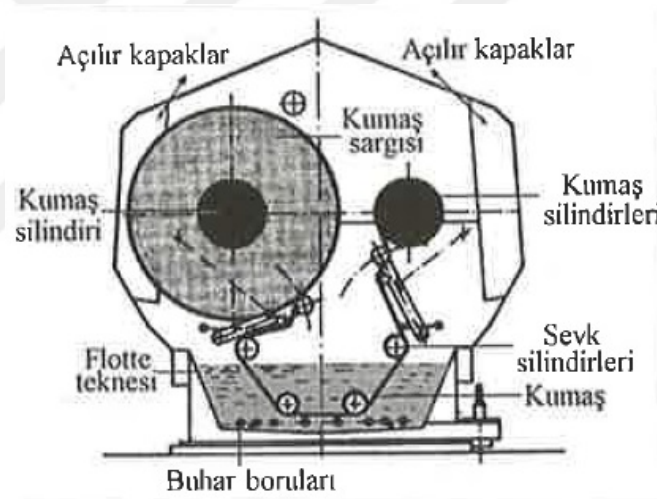
Çektirme yöntemine göre boyama: Bu yöntemle yapılan boyamalarda genellikle jet makineleri kullanılır. Çektirme prensibine göre çalışan diğer boyama makineleri ise jigger, haspel ve overflowdur (İçoğlu 2006).

Çektirme metodu yüksek flotte oranlarında uzun sürede gerçekleşir. Çektirme yöntemine göre boyama prosesinin temel işlemleri şöyledir:

- 1- Boyarmaddenin lifler tarafından alınması; substantivite, difüzyon yeteneği ve tuz ilavesine bağlıdır.
- 2- Boyarmaddenin lif üzerine fiksajı; reaktivite, pH ve sıcaklığa bağlıdır.
- 3- Fikse olmamış boyarmaddenin uzaklaştırılması, fiksaj derecesi, substantivite ve difüzyon yeteneğine bağlıdır (Dede 2012).

Çektirme metoduna göre yapılan boyama işleminde substantivitesi yüksek reaktif boyarmaddeler kullanılır. Çünkü boyama sonu banyoda kalan boyarmadde miktarının mümkün olduğunca az olması amaçlanmaktadır. Ayrıca boyarmadde hidrolizini azaltmak için reaktivitesi düşük boyarmaddelerle çalışılır. Banyoya ilave edilen alkaliyle reaksiyon hızlandırılır ve fiksaj sağlanır. Boyama öncesi banyo pH'nın hafif asidik-nötr istenmesinin sebebi de boyarmadde hidrolizini azaltmaktır. Boyamayı etkileyen üç önemli faktör vardır. Bunlar tuz, alkali ve sıcaklık süre eğrileridir (Dede 2012).

Jigger boyama makinelerinin diğer çektirme prensibine göre çalışan makinelere kıyasla en büyük avantajı 1:2-1:6 gibi düşük flotte oranında çalışmalarıdır. Ancak baş son farkı probleminin yaşanma ihtimali yüksek olması da yöntemin dezavantajıdır (İçoğlu 2006). Şekil 2.3'te bir jigger makinesine ait şematik gösterim yer almaktadır.

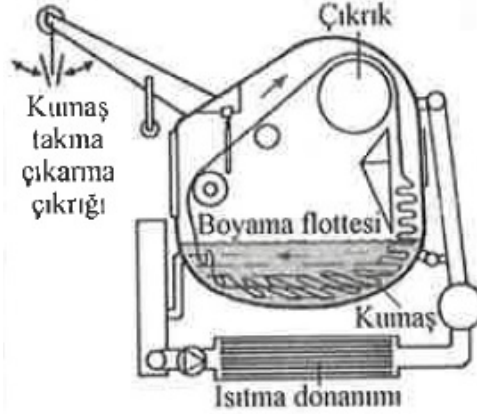


Şekil 2.3. Jigger makinesi şematik görüntüsü (Yakartepe ve Yakartepe 1998)

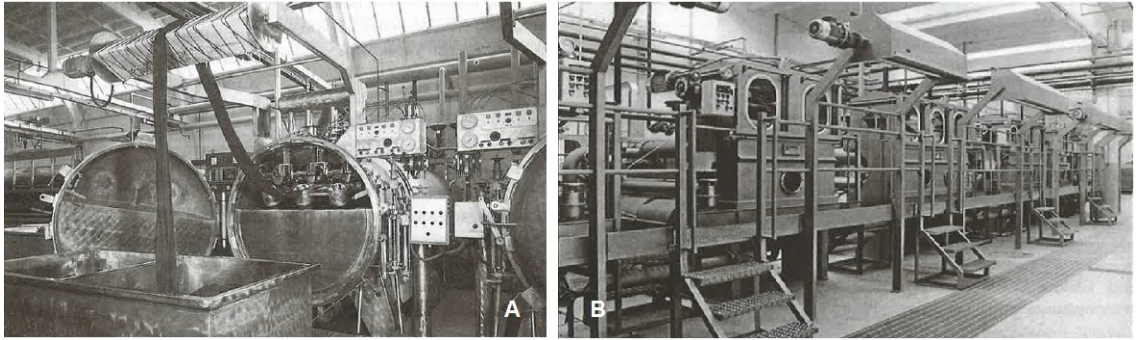
Çektirme prensibine göre çalışan bir diğer boyama makinesi de haspellerdir. Bu makinelerde 1:15-1:30 gibi yüksek flotte oranlarında boyama gerçekleştirilmektedir. Özellikle örme pamuk ve pamuklu karışımlar ile halat halinde işlem görmekten yıpranmayan kumaşlar için uygundur (Yakartepe ve Yakartepe 1998). Haspel makinelerinin örnek şematik görüntüsü Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

Sektörde en yaygın kullanılan boyama makinelerinden olan jet ve overflow makineleri (Şekil 2.5) 1:5-1:10 flotte oranlarında çalışmaktadırlar. Kumaşın yüksek hızda çalışması haspellerine göre 5 kat daha fazla aşınma probleminin görülmesine neden olabilse de su

ve kimyasal tüketimlerinin haspellere göre düşük olması ve jiggede görülen baş son farklarının olmayışı yaygın kullanılma sahip olmasında etkindir (İçoğlu 2006).



Şekil 2.4. Haspel boyama makinesi şematik görüntüsü (Yakartepe ve Yakartepe 1998)



Şekil 2.5. Jet (A) ve overflow (B) boyama makinesi (Yakartepe ve Yakartepe 1998)

Emdirme yöntemine göre boyama: Bu metodun en büyük avantajlarından biri su, atık su, boyarmadde ve kimyasal tüketimi açısından önemli tasarruflar sağlanmasıdır. Bunun sebebi çektirme metodunda çalışılan 1:5-1:30 flotteler yerine 1:1-1-0,5 gibi çok düşük flotte oranlarında çalışılmasıdır. Ayrıca yarı sürekli ve sürekli boyama yönteminde kullanılan boyarmaddelerin tekstil mamulüne olan afiniteleri düşük olmalıdır. Aksi halde tekstil mamulü tarafından alınan flotte konsantrasyonu ile boya banyosunda kalan flotte konsantrasyonu arasında farklılık meydana gelir ve boyama yapılan kumaşta baş son farklılıkları oluşur (Dede 2012).

Emdirme yöntemine göre yapılan boyamalarda çektirme yönteminden farklı olarak boyama banyosuna üre ilave edilebilir. Böylece özellikle yaz aylarında banyo sıcaklığı düşürülerek düzensüz boyamanın önüne geçilmiş olur. Ayrıca üre, boyarmadde çözünürlüğünü de artırır (Dede 2012).

Yarı kontinü metotlar

Tek banyolu metotlar: Pad-Batch (Soğukta bekletme), Pad-Roll (Sıcakta bekletme), Pad-Jig (Emdirme jiggerde bekletme).

İki banyolu metotlar: Pad-Batch (Emdirme, kurutma, alkali/tuz emdirme, bekletme, yıkama), Pad-Jig (Emdirme, kurutma, jiggerde kimyasal fiksajı, yıkama).

Pad-Jig'de boyama ile fiksajı zor kumaşlara daha iyi nüfuziyet ve daha iyi yüzey görüntüsü sağlanır.

Pad-Roll yöntemi ise boyarmadde difüzyonunun zor olduğu mamullerin boyanmasında tercih edilir.

Pad-Roll ve Pad-Jig yöntemleri özel ekipmanlara ihtiyaç gösterdiğinden ve işçilik maliyetleri de yüksek olduğundan çok fazla önem kazanmamıştır. İki banyolu Pad-Batch yönteminin maliyeti yüksek ve uzun süren bir işlemdir. Ayrıca tek adımlıya göre önemli bir avantajı yoktur. Bu sebeple yarı kontinü metotlarda en fazla kullanılan yöntem tek adımlı Pad-Batch yöntemidir (Dede 2012).

Kontinü metotlar

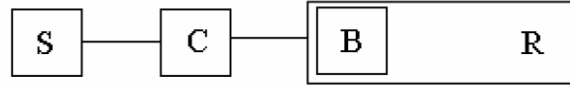
Tek banyolu metotlar: Pad-Dry (Emdirme, kurutma, yıkama), Termosol (Emdirme, kurutma, termofiksaj, yıkama), Pad-Steam (Emdirme, kurutma, buharlama, yıkama).

İki banyolu metotlar: Pad-Steam (Emdirme, kurutma, alkali/tuz emdirme, buharlama, yıkama), Alkali şok metodu (Emdirme, kurutma, alkali/tuz emdirme, yıkama). Alkali şok metodunda alkali konsantrasyonu yüksektir. Sıcaklık 95°C civarındadır. Böylece boya life fikse olur ve buharlama gerekmez (Dede 2012).

Reaktif boyarmaddelerin özellikleri ve kimyasal yapısı

Reaktif boyarmaddeler, selüloz, yün, ipek, polyamid gibi liflerle kovalent bağ yapan boyarmaddelerdir. Reaktif boyarmaddelerin karakteristikleri küçük ve basit bir molekül yapısına sahip olmalarıdır. Molekül ağırlıkları genelde 69-221 g/mol'dür. Küçük partikül özelliği liflere hızlı bir şekilde nüfus etmelerini sağlamaktadır (Özerdem 2007).

Bir reaktif boyarmaddenin temel yapısı Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



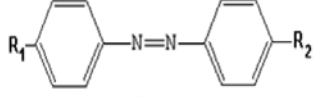
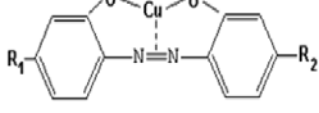
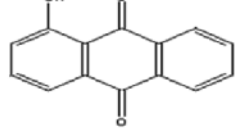
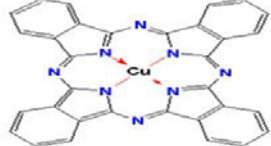
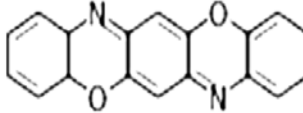
Şekil 2.6. Reaktif boyarmaddelerin şematik yapısı (Bozok 2005)

S (Suda çözünebilen grup): Boyarmaddelerin suda çözünmesi bu grup sayesinde gerçekleşir. Çözünürlük sağlayan grup yapıdaki sülfonik asitlerin sodyum tuzlarıdır (Özgüney ve ark 2007).

C (Kromofor grup): Reaktif boyarmaddelerin molekülünde, renk verici grup yani kromofor olarak başta monoazo, diazo, ftalosiyanin, antrakinin olmak üzere birçok sınıf mevcuttur. Monoazo yapısı sarı, turuncu ve kırmızı boyarmaddelerde, antrakinin yapılar parlak ve açık mavi renklerde, ftalosiyanin türevleri ise turkuaz ve parlak yeşil tonlarında yer aldığı söylenebilir. Reaktif boyarmaddelere ait kromofor gruplarının kimyasal yapıları ve bazı karakteristik özellikleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir (Özgüney ve ark 2007).

Tüm boyarmaddelerin yaklaşık yarısını oluşturan azo boyarmaddeleri renk gamlarının geniş olması, ucuz elde edilmeleri ve güçlü renk verme kabiliyetlerinden dolayı en önemli kromofor grubu oluşturmaktadır. Renk verme kabiliyetleri azo boyarmaddelerin yaklaşık yarısı kadar olan antrakinin boyarmaddeleri en önemli ikinci kromofor gruptur. Elde edilmesi azo boyarmaddelere göre daha pahalı olmasına rağmen yüksek yıkama ve ışık haslıklarına sahip oluşları tekstilde kullanım alanı bulmalarına olanak sağlamıştır. Ftalosiyanin kromofor grubu 1907 yılında tesadüfen keşfedilmesine rağmen kimyasal yapısı ancak 1930’larda aydınlatılabilmektedir. Metal ftalosiyaninler parlak ve keskin renk verme kabiliyetine sahip olduklarından boyarmadde yapısında yer almaları önemlidir. Güçlü renk verme kabiliyetleri olduğundan dolayı az miktarda kullanılmaları yeterlidir, bu da ftalosiyaninleri ekonomik yapar. Ticari olarak geliştirilen ftalosiyaninler çoğunlukla turkuaz ve yeşil renklerde kullanılmaktadır (Koçyiğit 2008).

B (Köprü bağları): Boyarmadde molekülündeki kromofor grup ile reaktif grubu birbirine bağlayan gruptur. Bu gruplar genellikle -NH-, -CO- ve -SO₂- yapısındadır. Köprü grupları kromofor ve reaktif grubu birbirine bağlamanın yanı sıra hem reaktivite üzerine etkileri vardır hem de boyarmaddeyle elyaf arasındaki bağın kopmasını engeller (Başer ve İnancıcı 1990).

Kromofor Grup		
AZO, DIAZO	METAL-AZO KOMPLEKS	ANTRAKINON
 <p>Sarı, oranj, kırmızı, lacivert renkler Işık ve ağartma haslıları kimyasal formuna bağlıdır.</p>	 <p>Kahve, rubin, violet, bordo, oliv, siyah (açık tonda) renkler Yüksek ışık haslığı Ter haslığı bazı durumlarda kritik</p>	 <p>Açık lacivert, parlak mavi renkler Yüksek ışık haslığı Yüksek ağartma haslığı Çok iyi yıkama haslığı</p>
Cu(veya Ni) - FİTALOSİYANİN	TRİFENDİOKSAZİN	Cu - FORMAZİNE
 <p>Turkuaz ve parlak yeşil tonları Yüksek ışık haslığı Sınırlı yıkama haslıkları</p>	 <p>Açık lacivert, çok parlak mavi Yüksek ışık haslığı Bazı durumlarda yıkama haslığı sınırlı</p>	<p>Kombinasyon mavisi Yüksek ışık haslığı İyi ağartma haslığı Çok iyi yıkama haslığı</p>

Şekil 2.7. Reaktif boyarmaddelerin kromofor gruplarının kimyasal yapıları ve bazı karakteristik özellikleri (Özgüney ve Ark. 2007)

R (Reaktif grup): Boyarmadde ile elyaf arasında kovalent bağ oluşturan gruptur. Reaktif boyarmaddeler liflerdeki fonksiyonel gruplarla etkileşime girerler. Bu fonksiyonel gruplar selülozda hidroksil (-OH), yün, ipek, ve polyamidte ise amino (NH₂) ve karboksil (-COOH) gruplarıdır. Bu fonksiyonel gruplar nükleofilik karakterde olduklarından dolayı reaktif grubun yapısındaki elektrofilik merkeze katılırlar. Ancak boyama sulu ortamda yapıldığından boyarmadde, sudaki hidroksil iyonlarıyla da reaksiyona girebilir. Bu da boyarmaddenin hidrolizine neden olur. Yapılan boyamada banyo şartları boyarmaddelerin mümkün olduğunca su yerine elyaf ile reaksiyona girmesini sağlayacak şekilde olmalıdır. Aksi halde mümkün olan maksimum renk verimi elde edilemez (Koçyiğit 2008).

Reaktif boyarmaddenin elyaf ile yaptığı kovalent bağ stabil olmazsa yıkama işlemlerinde bağ kırılarak renk verimi düşer. Bu sebeple bağın hidrolize karşı dayanıklı olması gereklidir (Başer ve İnanıcı 1990).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan reaktif grupların reaktifliği fazla olandan az olana doğru sıralaması aşağıdaki şekildedir:

- Diklorotriazin (DCT)
- Monoflorotriazin (MFT)
- Diflorpirimidin (DFP)

- Diklorokinoksalin (DCC)
- Vinilsülfon (VS)
- Monoklortriazin (MCT)
- Triklorpirimidin (TCP)

Reaktif boyarmaddelerle selülozun boyanma mekanizması

Reaktif boyarmaddedeki reaktif grubun yapısı ve sayısı boyarmaddenin fiksaj özelliklerini ve boyanmış kumaşın yaş haslıklarını belirlemektedir. Patent literatüründe 300'den fazla elektrofilik grup tanımlanmasına rağmen çok az bir kısmı selülozik liflerin boyanmasında pratik öneme sahiptir (İçoğlu 2006).

Reaktif boyarmadde ve selülozik elyaf arasında gerçekleşen iki tip reaksiyon vardır. Bunlar, adisyon ve substitüsyon reaksiyonlarıdır. Vinilsülfon esaslı boyarmaddelerin pamuk elyafı ile verdiği reaksiyon nükleofilik adisyon tepkimesidir. Bu tepkine sonucu boyarmadde ve elyaf arasında eter bağlar oluşur. Monoklortriazin reaktif boyarmaddeleri gibi boyarmaddeler de selülozik liflerle ester bağ oluşturur ve nükleofilik substitüsyon reaksiyonu gerçekleştirirler (İçoğlu 2006).

Boyarmadde seçimi: Selülozu reaktif boyarmaddelerle boyarken kullanılacak boyarmaddenin cinsi uygulanacak işleme göre seçilmektedir. Eğer elyaf çektirme metoduna göre boyanacaksa sıcak boyarmaddeler, emdirme yöntemine göre boyanacaksa soğuk boyarmaddeler kullanılmaktadır. Emdirme yönteminde sıcak boyarmaddeler kullanılırsa, bu boyarmaddelerin reaktiviteleri düşük olduğundan istenilen renk verimi elde edilemez. Benzer şekilde soğuk boyarmaddelerin reaktiviteleri yüksek olduğundan çektirme metoduna göre boyanmada abraja sebep olurlar ayrıca suyla da reaksiyona gireceklerinden hidrolize uğrayan boyarmadde miktarı artar (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Türkiye'de çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda %70 oranında sıcakta boyayan reaktif boyarmaddelerle boyama yapılmaktadır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Tuz ve yardımcı maddelerin ilavesi: Anyonik yapıda olan reaktif boyarmaddelerin selüloza olan afiniteleri düşüktür. Boyanın elyafa olan afinitesini arttırmak için

elektrolit ilavesi yapılmalıdır. Bu amaçla boyarmadde yüzdesine göre değişen miktarlarda tuz banyoya ilave edilir. Ancak tuz ilavesi porsiyonlar halinde yapılmazsa düzgünsüz boyama gerçekleşebilir. Tuz olarak sodyum klorür (softa tuzu) veya sodyum sülfat (glauber tuzu) kullanılmaktadır. Ancak sodyum klorür ucuz ve kolay çözünebilir olduğundan daha çok tercih edilir. Bunun yanı sıra özellikle ftalosiyanın yapıda olan reaktif boyarmaddelerle çalışılırken sodyum sülfat tercih edilir. Çünkü sodyum klorür boyarmadde çözünürlüğünü sodyum sülfata göre daha çok azaltmakta, suların sertliğine yol açan bileşikleri daha çok barındırmakta bu da boyamada verim kaybına neden olmaktadır (İçoğlu 2006).

Tuz ve alkali dışında flotteye ıslatıcı, kırık önleyici, iyon tutucu gibi yardımcı maddeler de eklenebilir. Islatıcılar, mamulün homojen ve hızlı ıslanmasını sağlarken, kayganlaştırıcının etkisi kırık tehlikesini azaltmaktadır. İyon tutucularsa kumaştan, tuzdan veya sudan gelebilecek metal iyonlarını tutarak boyama verimliliğini artırır (İçoğlu 2006).

Sıcaklık ve pH'ın ayarlanması: Boyama sıcaklığı boyarmadde türüne ve boyama metoduna göre değişiklik gösterir. Boyama sıcaklığının artması reaksiyon hızını artırırken substantiviteyi düşürür. Soğukta boyayan boyarmaddeler 30-60°C'de pH 10-11'de uygulanırken, sıcakta boyayan boyarmaddeler 70-90°C'de ve pH 11-12'de uygulanmaktadır. pH ayarı için alkali olarak sodyum karbonat ve sodyum hidroksit kullanılmaktadır (İçoğlu 2006).

pH'ın 1 basamak artması reaksiyon hızını 9-10 kat artırır. Reaktif boyamada en çok kullanılan alkali kalsine sodadır (% 98 susuz sodyum karbonat). Boyarmadde yüzdesi arttıkça sodyum hidroksit de fiksasyonu arttırmak için ilave edilebilir. Ayrıca sodyum bikarbonat ve trisodyumfosfat da kullanılabilir. Bunlardan hangisinin tercih edileceği, boyarmadde cinsine boyama metoduna göre belirlenir (Bozok 2005).

Emdirme metoduna göre çalışmada hidroliz riski daha düşüktür. Çünkü hem düşük flotte oranlarında çalışılmakta hem de soğukta boyama yapılmaktadır. Ayrıca su, boyarmadde ve yardımcı kimyasalların tüketimini de çektirme metoduna göre daha azdır. Reaktif boyamada fiksaj süresinin uzunluğu ayarlanabilse de özellikle problemler

mamullerde abraj riskini arttırdığından fiksajın yavaş yapılması daha uygundur (İçoğlu 2006).

2.2.3. Reaktif boyama sonrası ard işlemler

Reaktif boyamadan sonra elyaf üzerine tutunan hidrolize uğramış ve/veya elyafla bağ yapmamış boyarmaddelerin mamulden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla boyama sonrası kumaşın yıkanması gerekmektedir. Yıkama işlemi genellikle reaktif yıkama sabunları ile gerçekleştirilir. Yıkamanın şiddeti boyarmadde konsantrasyonuna, istenen haslık değerlerine, boyarmaddenin substantivitesine bağlı olarak değişmektedir. Yıkama işlemi yaş haslıklara büyük ölçüde etki ettiği için dikkat edilmesi gereken bir işlemdir. Çektirme yönteminde yüksek substantiviteye sahip boyarmaddeler kullanıldığı için hidrolize uğramış boyarmaddelerin uzaklaştırılması emdirme yöntemine göre yapılan boyamalara göre daha zordur. Sıcaklık, zaman, banyo değişim sayısı ve kullanılan sabun miktarı yıkama işleminin sonucunu etkiler (Becerir 2006).

Sabunlama yapılacaksa, 1-3 g/l yıkama maddesi içeren flotte ile 90-95°C'de 15-30 dakika muamele yapılır. Hatta koyu renklerde bu işlem tekrarlanır. Ancak kimya sektöründeki yeni gelişmelerle birlikte 75°C'de yıkama yapılarak yeterli yıkama etkisi sağlanabilmektedir (İçoğlu 2006). Fiksator kullanımı ile hidrolize uğramış boyarmaddelerin bir kısmı mamule fikse edilerek rengin koyulaşması sağlanabilir. Fiksatorler yıkama sayısını azaltır ve böylelikle su tüketimi ve atık su miktarını azaltır. Durulama sayısı boyarmadde cinsi ve boyama koşullarına göre değişiklik gösterir (Becerir 2006). Çektirme yöntemi için kullanılacak ard yıkama işlem adımları şu şekildedir:

- 5 dakika taşarlı yıkama
- 50°C'de 10 dakika durulama
- 75°C'de 1 g/l sabunla yıkama
- 75°C'de 1 g/l sabunla yıkama
- 50°C'de 1g/l asetik asitle durulama (nötralizasyon)

Reaktif boyama sonrası renk haslıkları

Boyama sonrası yapılan yıkama işlemlerinin etkinliğini ve yeterliliğini değerlendirmek amacıyla kumaşlara haslık testleri uygulanır. Uygulanan haslık testlerinin yıkama, su, kuru sürtme, yağ sürtme, alkali ter, asidik ter, tükürük, ışık, fenolik sararma, deniz suyu, klor ve oksidatif ağartmaya karşı dayanım haslığı şeklinde çeşitleri vardır. Ancak bunlardan yıkama, su ve kuru sürtme en çok kullanılan haslık çeşitleridir.

Yıkama haslığı

Bu testte amaç, her türlü tekstil numunesinin ev tipi veya ticari yıkamaya karşı renk haslığı tayininin yapılmasıdır. Ayrıca esas ölçüm yapılacak renkli numunenin aynı ortamda bulunabilecek diğer elyafları lekeleme oranına bakılır. Buna bakmak amacıyla test yapılırken esas kumaşın yanına refakat olarak 6 farklı elyafların yer aldığı multifiber kumaşı koyulur. Multifiber kumaşında yer alan elyaflar asetat, pamuk, polyamid, polyester, akrilik ve yündür (www.iso.org, 2016).

Test edilecek kumaş ile multifiber kumaşının ön yüzleri birbirine temas edecek şekilde kısa kenarlarından dikilir. Hazırlanan numuneler test standardında belirtilen sıcaklık, süre, alkalinite, ağartma ve aşındırma şartları altında yıkanır. Aşındırma etkisi flote oranının düşük tutulması ve uygun sayıda çelik topların kullanılması ile sağlanır. Test parçasındaki renk değişimi ve multifiber üzerindeki lekelenme gri skala ile değerlendirilir (www.iso.org, 2010).



Şekil 2.8. Yıkama haslığında kullanılan Gyrowash makinesi (www.james-heal.co.uk, 2016)

Yıkama haslıklarında uygulanan genel standart ISO 105 C06'dır. Test, farklı müşteri standartlarında ufak tefek farklılıklar gösterebilir. Testte kullanılan örnek bir cihaz Şekil 2.8 de görülmektedir (intweb.tse.org.tr, 2016).

Su haslığı

Bu test, tekstil numunelerinin su ile teması ve muamele edilmesi durumunda oluşabilecek renk değişimi ve lekelenmeleri belirlemek amacıyla uygulanır. Numuneler multifiber ile birlikte deiyonize suda belli bir sıcaklık, basınç ve sürede bekletildikten sonra kurutulur. Kurutulan numune ile multifiber gri skala değerlendirmesi yapılarak renkteki değişim ve multifiber üzerindeki lekeleme tayin edilir (www.iso.org, 2016).

Su haslığı için çoğunlukla ISO 105-E01 standardı uygulanır. Bu testin uygulaması ise aşağıda Şekil 2.9 görülen Perspirometre cihazı ile gerçekleştirilir, sıcaklık ve süre de etüvde ayarlanır (intweb.tse.org.tr, 2016).



Şekil 2.9. Su haslığında kullanılan perspirometre cihazı ve etüv (www.james-heal.co.uk, 2016)

Kuru sürtme

Kuru sürtme testi, tekstil numunelerinin sürtünmeye karşı lekeleme dayanımını tayin etmek amacıyla kullanılır. Test edilecek numunelerin %100 pamuk dokuma sürtme bezine sürtülmesi sonucu, sürtme bezinde oluşan lekeleme gri skala ile değerlendirilir. Bu test, Şekil 2.10 bir örneği görülen crockmeter cihazıyla uygulanır. Sıklıkla uygulanan kuru sürtme testi standartlarından biri de ISO 105x12'dir (intweb.tse.org.tr, 2016).



Şekil 2.10. Kuru ve yaş sürtme haslığında kullanılan crockmeter test cihazı (www.james-heal.co.uk, 2016)

Reaktif boyama sonrası fiziksel özellikler

Boyama yapılan kumaşın haslık özellikleri kadar fiziksel özellikleri de son kullanıcı açısından önemlidir. Kumaşlara uygulanan fiziksel testlerden başlıcaları yırtılma, kopma, patlama mukavemetleri, aşınma ve boncuklanma testleri, dikiş açması, dikiş kopması değerleri, boyutsal değişim testi, esneme ve dönme testidir.

Bu çalışmada kullanılacak fiziksel testler hakkında bilgiler aşağıdaki belirtilmiştir.

Kopma mukavemeti

Bu test, tekstil numunelerinin en büyük kuvvet dayanımı tayini için kullanılır. Dokuma kumaşlara uygulanan bu testte, numune test cihazının çenelerinin tam ortasından kavranır, sabit bir hızla kopuncaya kadar uzatılır ve en büyük kuvvet kaydedilir. Dokuma elastik kumaşlara, jeotekstil ürünlerine, dokusuz yüzeylere, kaplanmış kumaşlara, cam elyaftan dokunmuş kumaşlara ve karbon elyaf ve polyolefin ipliklerden üretilmiş kumaşlara uygulanmaz (www.iso.org, 2016).

Test edilen kumaşlara genellikle TS EN ISO 13934-2 Kavrama yöntemi kullanılarak azami kuvvetin tayini standardı uygulanır. Farklı müşteri taleplerine göre farklı standartlarda mevcuttur. Kopma mukavemeti için kullanılan örnek bir cihaz Şekil 2.11 de gösterilmiştir (intweb.tse.org.tr, 2016).



Şekil 2.11. Kumaş kopma mukavemeti testleri için kullanılan cihaz (www.james-heal.co.uk, 2016)

Yırtılma mukavemeti

Tekstil numunelerinin yırtılma dayanımı tayini için kullanılır. Kumaştaki bir yırtığa uygulanan ani kuvvetin belli bir uzunluğa kadar olan yırtılması için gerekli olan kuvveti ifade eder. Yırtılma mukavemetini belirleyen etmenler kumaşı oluşturan ipliklerin mukavemeti, kumaş konstrüksiyonu ve kumaşa uygulanan terbiye işlemleridir (Özdil ve Özçelik 2006). Numuneler standartta belirtilen ölçülerde kesilerek cihaza yerleştirilir ve maksimum potansiyel enerjiye sahip sarkaç yardımıyla tamamen yırtılır ve cihazdan okunan yırtılma kuvveti kaydedilir. Yırtılma mukavemet değeri gramkuvvet (gf) ya da Newton (N) cinsinden ifade edilir (www.iso.org, 2016).

Yırtılma mukavemeti testi genelde TS EN ISO 13937-1 Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini standardına göre gerçekleştirilir ve Şekil 2.12 de görülen cihaz ile ölçüm yapılır (intweb.tse.org.tr, 2016).



Şekil 2.12. Yırtılma mukavemet test cihazı (Elmatear) (www.james-heal.co.uk, 2016)

Patlama mukavemeti

Patlama mukavemeti, bir tekstil materyaline aynı anda farklı yönlerde kuvvetler uygulanarak tekstil materyalinin bu şartlar altındaki mukavemetinin ölçümü için kullanılan bir metottur. Patlama mukavemetinin oldukça önemli olduğu bazı tekstil malzemeleri arasında paraşüt bezleri, örgü kumaşlar, filtre bezleri, ağ, çuval gibi bezler sayılabilir (Tayyar 2010).

Test edilecek numune dairesel diyafram üzerine yerleştirilir. Numune patlayıncaya kadar diyafram altından basınçlı hava verilir. Numune patlama basıncı kaydedilir. Patlama mukavemeti testi, cihazın hidrolik ve pnömatik olmasına göre iki farklı standartta uygulanabilir. Bunlardan biri TS 393 EN ISO 13938-1 Patlama mukavemetinin ve patlama gerilmesinin tayini için hidrolik metot, bir diğeri ise TS 393 EN ISO 13938-2 Patlama mukavemetinin ve patlama gerilmesinin tayini için pnömatik metot. Patlama mukavemet cihazı da Şekil 2.13'te gösterilmiştir (intweb.tse.org.tr, 2016).



Şekil 2.13. Patlama mukavemet test cihazı (www.james-heal.co.uk, 2016)

2.2.4. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların baskısı

Selüloz liflerinin baskısında kullanılan boyarmaddeler pigment, direkt, reaktif, çözünmez azo, küp, küp ve sülfür, ftalosiyanın ve rapidojendir. Ancak pratikte bunlardan en çok kullanılanı pigment, reaktif ve küp boyarmaddelerdir.

Pigment baskı yöntemi, diğer baskı yöntemlerine göre uygulanmasının kolay ve maliyetlerinin düşük olması yanında transfer baskı yönteminden sonra en az çevre kirliliğine yol açan baskı yöntemidir. Pigment baskının esası, suda çözünmeyen ve tekstil liflerine karşı herhangi bir afinitesi olmayan renkli partiküllerin bir binder

yardımıyla kumaş üzerine bağlanmasına dayanır. Pigment baskı patında, renk verici pigment, pigmentin kumaşa fiziksel olarak bağlanmasını sağlayan binder, pigmentlerin basılması için gerekli kıvamı sağlayan bir kıvamlaştırıcı, haslıkları iyileştirmeye yönelik kullanılan fiksator ve tutumu geliştirmeye yardımcı maddeler yer alır. Baskı yapıldıktan sonra mamul kurutulur ve daha sonra yüksek sıcaklıkta kuru hava ile kısa sürede fiksaj gerçekleştirilir. Fiksaj sonunda kullanılan binder bir film tabakası oluşturarak pigmentleri life bağlar. Diğer baskı yöntemlerinden farklı olarak baskı sonunda herhangi bir yıkama işlemine gerek yoktur (Kanık 2008).

Küp boyarmaddeler ile yapılan baskı teknikleri ise direkt, aşındırma, rezerve baskı olarak çok yönlü yapılabilmektedir. Küp boyarmaddelerin haslıklarının yüksek olması bu boyarmaddelerle yapılan boyama ve baskıların önemini artırmıştır. Reaktif boyarmaddelerin tekstil boyama ve baskıcılığında kullanımı yaygınlaşmadan önce özellikle yüksek haslık istenen mamullerin baskısında küp boyarmaddeler yaygın şekilde kullanılmaktaydı. Küp boyarmaddelerle yapılan baskıların reaktif baskıya göre daha zor, pahalı ve renklerinin fazla parlak olmamasından dolayı küp baskıların yerini tamamen reaktif baskıların alacağı düşünülmekteydi. Ancak reaktif boyarmaddelerin özellikle ışık haslıkları, klor haslıkları vb. bazı alanlarda yetersiz kalması nedeniyle küp boyarmaddeler halen belli bir alanda kullanılmaktadır. Bu alanların başında döşemelik ve perdelik kumaşlar, askeri kamuflaj giysileri örnek verilebilir (Kanık 2008).

Reaktif boyarmaddelerle baskı ise detaylarıyla aşağıda bahsedilmiştir.

2.2.5. Selülozik liflerden üretilmiş kumaşların reaktif boyarmaddelerle baskısı

Selüloz liflerine yapılan baskı dünyadaki toplam baskı üretiminin yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır. Reaktif boyarmaddeler, selüloz liflerinin boyama işlemlerinde olduğu gibi gömlek, bluz, havlu, triko, dekorasyon ve yumuşak tutumlu ürünlerin baskı işlemlerinde de kullanılan önemli bir boyarmadde sınıfıdır. Canlı ve parlak renkleri, fon baskılarda bile yumuşak tutum eldesi, renk paletinin tam olması, haslık özelliklerinin iyi olması, çeşitli fiksaj olanakları, tek ve iki fazlı baskı imkanı, kolay aşınma ve rezerve imkanları reaktif boyarmaddelerin pigment boyadan sonra selüloz esaslı malzemelerin baskısında en çok kullanılan boyarmadde sınıfı olmasını sağlamıştır (Özerdem 2007).

Teorik olarak boyamacılıkta kullanılan tüm reaktif boyarmaddeler baskıcılıkta da kullanılabilir. Ancak baskı işleminin başarılı olması açısından baskıcılıkta kullanılan reaktif boyarmaddelerde aşağıdaki özelliklerin dikkate alınması gerekir:

- Düşük substantiviteli olması ard işlemlerin kolay olması açısından önemlidir.
- Difüzyon yeteneğinin yüksek olması, fiksaj veriminin yüksek ve ard işlemlerin kolay olması açısından gereklidir.
- Kolay çözünür olması, karıştırılmakta olan pata doğrudan ilave edilebilmesi açısından avantajlıdır.
- Reaktivitenin yüksek olmaması, baskı patı stabilitesinin yüksek olması açısından önemlidir. Çünkü yüksek reaktiviteli boyarmadde içeren patta hidroliz erken başlar, renk verimi düşer, artan patlar bir süre sonra kullanılamaz.
- Hidrolizi azaltmak için pata en son ve soğukta alkali ilave edilmelidir. (Kanık 2008)

Reaktif baskıcılıkta diğer reaktif sınıflara ait boyarmaddeler de kullanılmakla beraber, en yaygın kullanılan boyarmaddeler monoklortriazin (MCT) türü reaktif boyarmaddelerdir (Kanık 2008).

2.2.6. Reaktif baskı sonrası ard işlemler

Boyama işlemlerinde farklı olarak baskıda yıkamayla kolayca uzaklaşmayan kıvamlaştırıcılar kullanılır. Kıvamlaştırıcılar kumaş üzerinden tamamen uzaklaştırılmadığı takdirde hem kumaş tutumunda sertliğe hem de haslıkların kötü çıkmasına sebep olurlar. Baskılı kumaşların yıkamalarının boyalı kumaşlardan diğer bir farkı ise kumaş üzerinde birden fazla renk olmasıdır, bazen de deşsene bağlı olarak baskısız bölgelerin bulunmasıdır. Yıkama işleminde banyoya akan boyarmaddelerin baskısız veya açık renk alanları kirletme tehlikesi vardır. Tüm bu sebeplerden dolayı reaktif baskılı kumaşların ard yıkama işlemlerinin, boyamaların ard yıkama işlemlerine göre daha zor olduğu ve daha çok dikkat gerektirdiği söylenebilir. Reaktif baskı sonu ard yıkamalar genellikle özel baskı sonu kontinü yıkama makinelerinde yapılır (Kanık 2008).

Baskıda kullanılan boyarmaddelerin düşük substantiviteye ve yüksek difüzyon hızına sahip olması gerekir. Böylece yıkama işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Substantivitenin yüksek oluşu fikse olmamış boyarmaddenin kumaştan uzaklaştırılmasını zorlaştırır. Ayrıca bunun dışında fiksaj veriminin de yüksek olması gereklidir. Aksi halde yıkamalarda problem çıkma ihtimali vardır. Genel olarak yıkama prosedürü boyama sonrası yapılan yıkamalara benzer ve aşağıdaki sıraya göre yapılabilir:

- Soğuk durulamalar
- Ilık durulamalar (40-50°C)
- Sıcak durulamalar (80-90°C)
- Kaynar sabunlama (95-98°C'de nonyonik veya anyonik yıkama maddesi ile)
- Sıcak durulama (80-90°C)
- Soğuk durulama (gerekirse nötralizasyon)

Soğuk ve ılık durulamalarda amaç kıvamlaştırıcı filmini şişmek ve alkali maddeleri, kıvamlaştırıcının ve yüzeydeki hidrolize olmuş boyarmaddelerin çoğunu kumaştan uzaklaştırmaktır. Yüksek sıcaklıktaki yıkamaların amacı ise lifin içindeki hidrolizatları uzaklaştırmaktır. Yıkama işleminde kullanılan su, sert su ise kıvamlaştırıcının uzaklaşması zorlaşır, bu sebeple banyoya kompleks oluşturucu ilave edilmesi tavsiye edilir. Son durulama suyuna katyonik fiksaj maddeleri ilave etmek hidrolizatları baskılı kumaşın açık veya baskısız yerlerine bağlayarak kirlenmelere sebep olacağından bu tür kimyasallar kesinlikle kullanılmamalıdır (Kanık 2008).

Baskı reçetesinde turkuaz boyarmadde varsa asitle yapılan nötralizasyonlar sakıncalıdır; asit, turkuaz renklerde kızarmaya sebep olur.

2.3. Hatalı Boyamalar ve Baskılar Sonrası Boyarmadde Sökümü

2.3.1. Boyama hataları

Boyama işleminde meydana gelen hatalar çektirme ve emdirme yöntemlerinde farklılık gösterir. Bu hataların neler olduğu ve nedenleri aşağıda bahsedilmiştir.

Abraj: Kumaş üzerinde homojen olmayan boyamadan kaynaklanan açık/koyulu ve/veya düzgünsüz boya almış yerlerdir. Kumaşta abraj riskini azaltmak için boyarmaddenin flotte içerisinde iyi bir şekilde çözülmüş olmasından emin olmak gerekir. Ayrıca kumaş makine içerisine düzgün yerleştirilmeli, düze ve haspel hızı

doğru ayarlanmalıdır, makine içerisinde önceki boyamaya ait boya artığı kalmamış olmalıdır (İslam ve Mahmud 2015).

Baş-son farkı: Sürekli ve yarı sürekli boyama yöntemlerinde görülen bir hatadır. Kumaşın ilk boyanan kısmı ise son boyanan kısmı arasında renk tonunda giderek görülen açılmadır. Bu hatanın kaynaklanmasına sebep olan başlıca problem seçilen boyarmaddenin yüksek substantiviteli olmasıdır. Boyarmaddenin life yüksek ilgisi olması zamanla banyo içerisinde kalan boyarmadde konsantrasyonunun düşmesine ve ilerleyen metrajlarda rengin daha açık boyanmasına sebep olur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Kanat farkı: Kenar orta kenar farkı olarak da bilinen bu hata kumaşın eni boyunca açıktan koyuya görülen renk değişimidir. Bu hatanın sebeplerinden biri emdirme yönteminde sıkma silindirinde silindir boyunca görülen basınç farkıdır. Bu basınç farkından dolayı sıkma silindirinin kenar bölümlerinde daha fazla/az sıkma olduğunda, mamulün orta kısımlarında kalan flotte miktarı dolayısıyla boyarmadde miktarı ile kenar kısımlarında kalan miktar farklılık gösterir. Bu da kumaş eni yönünde boya alım farklılığına bağlı olarak homojen olmayan bir görüntü oluşturur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Kanat farkı probleminin bir başka nedeni ise jigger boyamada kumaş kenarları ile ortalarında oluşan ısı farklılığındır. Bunun sebebi kumaşın silindirler üzerinde düzgün sarılmaması da olabilir. Bu farklılıklar kumaşın kenarları ile ortasında renk farklılığına yol açar (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Levent boyamada ise sarım sıklığına ve genişliğine dikkat edilmediği durumlarda bu tür hatalarla karşılaşılabilir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Kırık: Mamul kumaşta görülen katlanma veya kırışma izleridir. Jet makinesinde boyama işlemine alınan dokuma kumaşın yüksek gramajlı olması nedeniyle işlem boyunca uzun süre aynı halat formunda kalmasından dolayı boya alım farklılığı meydana gelebilir. Bu da kumaş yüzeyinde düzgünsüz çizgiler şeklinde kırık izlerine sebep olur. Ayrıca rme kumaşların boyanmasında da kumaşı jete almadan iki kenarını tp formunda dikmek bu hatanın oluşma riskini minimuma indirir.

Leke: Kumaşta gördüğü işlemlerden dolayı farklı aşamalarda çeşitli lekeler meydana gelebilir. Silikon lekesi, yağ lekesi gibi lekeler yıkama işlemleriyle temizlenebilirken, özellikle selülozik kumaşlarda boyama sonu reaktif boyarmadde uuntularının meydana getirdiği boya lekeleri kumaş üzerinden çıkartılamaz ve renk sökümü yapmak zorunda kalınabilir.

2.3.2. Baskı hataları

Düz boya hatalarında olduğu gibi baskı hatalarında da farklı baskı tekniklerinde farklı baskı hataları meydana gelmektedir.

Boya kesmesi: Dijital baskıda karşılaşılan bu hata, renklerin kumaş uzunluğu boyunca olması gereken tondan saparak başka renge doğru kayması şeklinde görülür. Hatanın başlıca sebebi boyarmadde püskürten kafalardaki düzelerin tıkanarak daha az boyarmadde pskrtmesidir. Dzelerin tıkanmasındaki sebepse gereken sıcaklık ve nemde çalışılmaması olabileceği gibi uzun süre düzelerin temizlenmemesi de olabilir.

Boya kirlenmesi: Rotasyon baskıda şablonların üzerindeki küçük sıyrıklardan kumaş üzerine boyarmadde aktarılması sonucu raporlu bir şekilde gelen hatadır. şablondaki hatanın giderilmesiyle problemin önüne geçilmiş. Rulo baskıda da baskı silindirinin motifsiz kısmının tümüyle sıyrılamamasından kaynaklanır olur (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Desen kayması: Rotasyon baskıda desende var olan her şablonun rapor ayarlarının ileri-geri ve sağ-sol yönünde düzgün bir şekilde yapılmadığı durumlarda desen tam olarak oturmaz ve bazı yerlerde renkler üst üste binerken bazı yerlerde boyasız kalan kısımlar olur. Bu şekilde meydana gelen hatalar desen kayması olarak nitelendirilir. Ayrıca şablonun hazırlanmasında hatalı pozlama ve desen tekrarının doğru ayarlanmaması da bu hataya sebep olabilir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Hare: Genelde şablona çekilen desenin olması gerekenden geniş yapılması veya şablon basıncının fazla olmasından kaynaklanan ve kumaş üzerinde bir rengin diğer renk üzerine yayma yapması şeklinde görülen hatadır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Kafa izi: Dijital baskıda karşılaşılan bu hata kumaş üzerinde bantlar şeklinde görülür. Bant genişlikleri 5-10 cm genişliğindedir. Bu hatayı engellenmek için düze tıkanmalarını ve kafalar arası voltaj farklılıklarını gidermek gerekir.

Kanat farkı: Rotasyon baskıda baskı silindir basıncının düzgün ayarlanamamasından kaynaklanan bir hatadır. Kumaşın iki kenarı bir araya getirildiğinde renk derinliğindeki farklılık şeklinde görülür (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Keleşlik: Bu hata genellikle örme kumaşlarda rastlanır. Kumaşın hafif bir şekilde esnetildiğinde kumaşın aralarında boya almayan yerler olması veya kumaş yüzeyinde noktasal boyutta çok sık boya alımının olması keleşlik olarak belirtilir. Pat kıvamının olması gerekenden yüksek olması, rakle basıncının düşük olması, kalıp tıkanmaları vb. sebeplerden kaynaklanır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Konturların net olmayışı: Özellikle ince çizgili hatlara sahip desenlerle çalışırken bu çizgilerin keskin olmayıp kumaş yüzeyinde yayma yapmasıyla meydana gelen hatadır. Tüylü kumaş yüzeyi, silindir basınçlarının doğru ayarlanamaması veya pat viskozitesinin düşük olmasından kaynaklanır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Pislik izi: Baskı esnasında şablon üzerine yapışan iplik, pislik vb. yabancı maddelerin altında kalan yerlerin boya alamaması sonucu kumaşta görülen boyasız yerler.

Stampa: Bu hatanın tanımı kısaca kumaşın nemli kalması sonucu baskılı yüzlerin birbirine çarpmasıyla kumaşın bir tarafındaki renk ve deseninin çarpan tarafa çıkması şeklinde yapılabilir. Baskı fırınında kumaşın tam olarak kurutulmaması, fikse kumaşın aşırı nemden dolayı bastonların sallanmasıyla birbirine çarpması sonucu ortaya çıkabilir. Tam kurumadan üst üste istiflenen baskılı kumaşlar birbirini kirleterek fikseye girerse ya da fikse fırınında birbirini kirletirse bu boya çarpmaları kumaştan çıkartılamaz ve kumaşlar stok olarak kalır. Hatayı engellemek için özellikle pat içerisindeki üre miktarına, kumaşın emdiği pat miktarının gereğinden fazla olmamasına dikkat edilmelidir (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Su izleri, su lekesi: Baskılı kumaşlarda işlem esnasında kurutma fırını veya fikse fırınında aşırı nemden dolayı yoğunlaşan su buharının kumaş üzerine damlayarak

buradaki boyarmaddenin yayılmasına sebep olduğu hatadır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Tıkalı nozul: Tek pas çalışan dijital baskı makinelerinde boya püskürten makine başlıklarındaki nozulların tıkanmasıyla kumaşta boyuna yönde meydana gelen çizgi şeklindeki hatadır.

2.3.3. Reaktif boyarmaddelerle boyanmış selülozda renk sökme prosesleri

Reaktif boyama ve baskı sonucunda meydana gelen pislik izi, leke gibi bazı hatalar düzeltilebilir. Ancak kanat farkı, desen kayması gibi hatalar düzeltilemediğinden bu kumaşların tekrar kullanılabilmesi için renk sökümü yapıp kumaşların kullanılabilir bir renge boyanması gerekir. Bu amaçla kumaşlara renk sökme işlemi yapılır. Renk sökme işlemindeki amaç, tekstil materyali üzerindeki boyama ve baskı kaynaklı hataları uzaklaştırmak ve kumaşı tekrar boyanabilir hale getirmektir.

Renk sökme işleminde başarılı renk uzaklaştırma verimliliği yeniden boyamanın kalitesi için oldukça önemlidir. Boyamada olduğu gibi renk sökme işlemini etkileyen birçok parametre vardır. Bu parametreler; hammadde, boyarmadde yapısı, konsantrasyonu, boyama ve renk sökme yöntemi, renk sökme ajanı çeşidi, yardımcı kimyasallar, çalışma parametreleri vb.dir (Balcı 2007).

Reaktif boyarmaddelerde renk sökme işlemi alkali indirgen renk sökme (redüktif) veya oksidatif renk sökme uygulaması olarak sınıflandırılır. Redüktif ve oksidatif yöntem birlikte de kullanılabilir.

Oksidatif prosesler

Reaktif boyarmaddelerin oksidatif renk sökümünde sodyum klorit, sodyum hipoklorit ve hidrojen peroksit gibi yükseltgen maddeler kullanılmaktadır. Sodyum klorit veya peroksit kimyasalları ile oksidasyon işlemi kumaşta veya iplikte mukavemet kayıplarına neden olabilir (Akyurt 2011).

Bazik sodyum hipoklorit ağartması, selüloz esaslı liflerin üzerinde bulunan boyarmaddelerin uzaklaştırılmasında sınırlı kullanıma sahiptir. Numune, sodyum

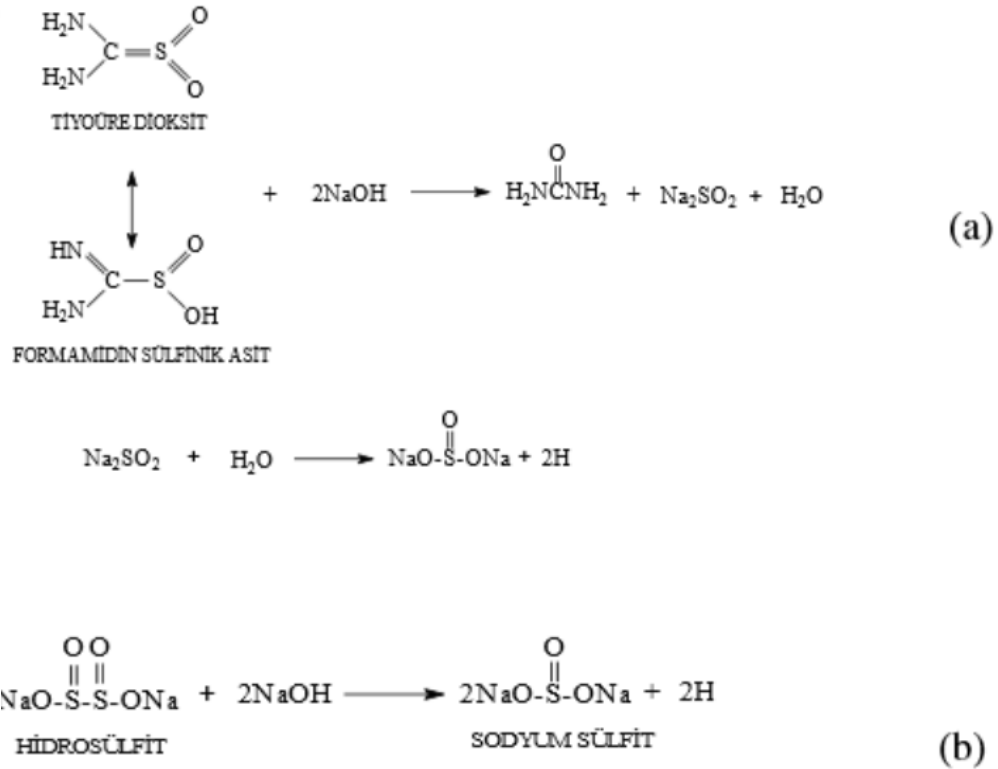
karbonat ile pH'ı 10-11'e ayarlanmış çözelti içerisinde 20-30°C'de 30-60 dakika arasında muamele edilir (Akyurt 2011).

Sodyum klorit çabuk nem çeken, patlayıcı özelliği olan, asitlerle bir araya geldiğinde klordioksit zehirli gazını yayan bir oksidasyon malzemesidir. Seyreltik asetik asit ile pH'ı 5 ayarlanan sodyum klorit çözeltisinde kaynatılarak kükürt boyarmaddeleri ve bazı boyarmadeler uzaklaştırılabilir (Akyurt 2011).

Redüktif prosesler

Renk sökme yöntemi genellikle sodyum hidrosülfid veya tiyüredioksit ile alkali ortamda gerçekleştirilir (Şekil 2.14). Ortamda kullanılan alkali yaygın olarak kostiktir. Bu yöntemde redüktif renk sökme ya da alkali indirgen renk sökme denir.

İndirgeme ile renk söküm işleminin başarısı kullanılan boyarmaddeye, elyafın cinsine ve indirgen ajanın çeşidine bağlıdır. Renk sökme işleminde reaksiyon selülozik lif ile reaktif boyarmadde arasında olur. Reaktif boyarmaddenin kromofor grubundaki kimyasal bağ kırılmaya çalışılarak kumaş renksizleştirilir (Akyurt 2011).



Şekil 2.14. TUDO (a) ve hidrosülfidin (b) indirgeme reaksiyonları (Akyurt 2011)

Redüktif renk sökümünde genellikle indirgen ajan olarak sodyum hidrosülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) kullanılır. Sodyum hidrosülfid, renk sökümünün yanı sıra makine temizliği ve küp boyamada kullanılır. Hidrosülfidin indirgeme etkisi iyidir; ancak alkali ortamda yüksek sıcaklıkta havanın oksijeni ile çabuk bozunur. Bu da sodyum hidrosülfid kullanılan tekstil işlemlerinde daha fazla kimyasalın kullanılması anlamına gelir. Ayrıca yüksek miktarda kükürt açığa çıkardığından hem çalışan sağlığına hem de çevreye olan zararından dolayı tavsiye edilmez (Balcı 2007).

Sodyum hidrosülfidin dezavantajlarından dolayı üretici firmalar indirgeme gücü yüksek çevresel ürünlere yönelmektedir. Bu amaçla tıyoüredioksit ve karbonhidrat türevleri kullanılmaktadır. Tıyoüredioksit ile yapılan bir renk sökme işleminde kostik ya da sodyum karbonat ile beraber $80-100^\circ\text{C}$ 'ye çıkılıp 30-60 dakika bekletilerek renk sökme işlemi gerçekleştirilebilir (Balcı 2007).

Redüktif proseslere başka bir alternatif de sodyum borhidrür ile yapılan renk sökme işlemidir. Akyurt (2011), yaptığı bir çalışmada 3 farklı yapıda reaktif boyarmadde ile boyanan pamuklu kumaşları tıyoüredioksit, hidrosülfid ve sodyum borhidrür kullanarak renk sökümü yapmıştır. Çalışma sonuçlarına bakıldığında formazon yapısındaki Remazol Br Blue BB boyarmaddesinin renk sökümünde en etkili sonuç sodyum borhidrür ile alınmıştır. Onun ardından tıyoüredioksit ile yapılan renk sökümünde etkili sonuç alınırken, hidrosülfid ile yapılan renk sökümü en geride kalmıştır.

Ftalosiyanın yapısındaki Remazol Turquoise G133 boyarmaddesinin renk sökümünde ise en etkili sonuç tıyoüredioksit ile alınmıştır.

Antrakınon yapısındaki boyarmaddelere örnek olarak da Remazol Br Blue R Special kullanılmış ve hidrosülfid ile en iyi, sodyum borhidrür ile en kötü sonuç elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada sodyum borhidrürün hidrosülfid ve tıyoüredikside alternatif olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Nötralizasyon gerektirmemesi ve sıvı oluşu sodyum borhidrürün en önemli avantajlarıdır. Örnek bir reçete de aşağıda verilmiştir (Akyurt 2011).

Konsantrasyon: 3:30g/l (%12'lik sodyum borhidrür: %39'luk sodyum bisülfid)

Sıcaklık: $80-90^\circ\text{C}$

Süre: 30-45 dakika

2.4. Ozon Gazının Özellikleri ve Endüstride Kullanımı

Ozon gazı (O₃), 3 oksijen atomundan oluşan triatomik bir moleküldür. Ozon kelimesi ilk kez Alman kimyager Christian Friedrich Schönbein tarafından 1840 yılında kullanılmıştır. Oksijeni elektriksel deşarja maruz bırakan Schönbein, çıkan kokuyu “elektriksel maddenin kokusu” olarak not etmiştir ve bu kokunun ozon adını verdiği gazdan kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Schönbein’in ardından birçok araştırmacı doğa ve ozon davranışını izah etmek için çalışmalar yapmıştır. Mariniak ve Delarive ozonun oksijenin allotropik formu olduğunu göstermiş, Mulliken ve Dewar da ozonun moleküler yapısını aydınlığa kavuşturmuşlardır (Seidler ve ark. 2008).

Atmosferde doğal yollarla oluşan ozon yeryüzünde yaşayan canlıları güneşin zararlı ışınlarından korur. Ozon atmosferde zemin seviyelerine yakın yerlerde 0,1 ppm konsantrasyonlarında duman şeklinde bulunur. İki bin metre yükseklikte, çok daha azalarak 0,03 – 0,04 ppm seviyelerine düşer (Perinçek 2006).

Ozon gazı ortam sıcaklığının da etkisiyle çok kısa sürede tekrar ham maddesi olan oksijene dönüştüğünden depolanamaz ya da transfer edilemez. Bu sebeple kullanılacağı ortamda üretilmesi gerekmektedir (www.airozon.com, 2016). Ozon gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Ozonun fiziksel ve kimyasal özellikleri (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2016)

Adı	Ozon, Triatomik oksijen, Aktif oksijen
Molekül formülü	O ₃
CAS No	10028-15-6
Bileşenleri	Oksijen Atomu
Molekül ağırlığı	47.997 g/mol
Kaynama / Erime noktası	-112 °C / -193 °C (ILO-ICSC)
Renk	Kristal halde koyu mavi, sıvı halde açık mavi, gaz halde renksiz
Koku	0,02 ppm den sonra keskin koku, Yarılanma ömrünü tamamladıktan sonra koku kalmaz.
Yoğunluk	0 °C de gaz halde 2,144 g/l; -195,4 °C sıvı halde 1,614 g/l (HSDB)
Yanıcılık	Yanıcı değil. Ancak Yanma olayını kuvvetle destekler (ILO-ICSC)
Yangın ve patlama riski	Ozon kararsız bir gazdır ve normal koşullarda oksijene ayrışır. Bu sebeple yanıcı maddelerle temas halinde yangın ve patlama riski vardır.

Ozon bu güne dek endüstride birçok kullanım alanı bulmuştur. Özellikle sterilizasyon, tat, renk, bulanıklık ve koku giderimi ozonun en çok kullanıldığı alanlardır. Ozonun kullanım alanları aşağıda detaylarıyla açıklanmıştır.

Klima sistemlerinde: Ortam havasındaki kirleticileri ölçen bir sensör sayesinde bu kirleticilerin miktarıyla orantısal ortama düşük miktarlarda ozon beslemesi yapan klima sistemleri geliştirilmiştir (www.airozon.com, 2016).

Gıda sektöründe: Ozon gazı gıda sektöründe çoğunlukla mikrobiyolojik riskleri, küf ve mantar oluşumunu engellemek, gıdaların nakliye esnasında bozulmalarını sağlamak, daha uzun raf ve depolama ömrüne sahip olmaları için kullanılmaktadır (Seydim ve ark. 2004).

Gıda sektöründe alternatif yöntemlerle yapılan temizlik ve dezenfeksiyonda klor türevleri, asit, iyot ve kuaterner amonyum bileşikler gibi kimyasallar kullanılmaktadır. Bu tür kimyasallar sağlığa zararlı olduğundan kimi zaman kızgın buhar veya çok yüksek sıcaklıkta su kullanımı da mevcuttur. Ancak bu yöntem de yüksek enerji gerektirdiğinden pahalıdır. Ozon kullanımı ile hem zararlı kimyasal kullanımının hem de yüksek enerji tüketiminin önüne geçilmiş olur (Seydim ve ark. 2004).

Sağlık sektöründe: Farklı hastalıkların tedavisinde başarılı ozon uygulamaları ve buna yönelik yapılan çalışma raporları medikal alanda ozon kullanımına yönelik ilginin kısa zamanda artmasına sebep olmuştur. Bu artışın diğer sebepleriye ozon uygulamasının herhangi bir yan etkisi olmaması, hastalar tarafından memnuniyet, performans basitliği ve yüksek mediko-sosyal ve ekonomik verimlilik olarak gösterilebilir. ozonun oldukça toksik ve oksidatif bir olmasından dolayı tüm bu olumlu yanlarına rağmen bazı medikal kurumlar tarafından halen reddedilmektedir (Seidler ve ark. 2008).

Dolaşım bozukluğu hastalıklarında, deri lezyonlarında, kronik formdaki hepatit B ve C tedavisinde, kanser hastalarında destekleyici tedavi olarak, artrit rahatsızlıklarında ve ameliyathanelerde dezenfeksiyon amacıyla ozon gazı kullanımı mevcuttur. Ayrıca diş tedavilerinde de ozonun antimikrobiyel özelliğinden yararlanılmaktadır (Seidler ve ark. 2008).

Su dezenfeksiyonunda: Yüzme havuzlarında, içme sularında suların renk, tat, bulanıklık ve koku gideriminde, atık su arıtımında ozon gazı kullanımı çok etkili bir yöntemdir (www.airozon.com, 2016).

Tarım sektöründe: Toprak zararlılarının yok edilmesi amacıyla kimyasal ilaçlama yerine ozon kullanılmaktadır. Böylece kimyasal kalıntılarının toprakta kalma riski önlenmiş olur. Ayrıca ortam havasının nemli ve ılık olduğu seralarda ozon kullanımı ortamdaki mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek bitki hastalık etmenlerini ortadan kaldırır. Çiçekçilik sektöründe kesilmiş çiçeklerin uzun süre canlılığını koruması için de ozon gazından faydalanılmaktadır. Fide ve tohum yetiştiriciliğinde de dezenfektan amaçlı ozonlama yapılmaktadır (www.airozon.com, 2016).

Tekstil sektöründe: Ozon gazı tekstil sektöründe denim kumaşların ağartılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ozonun renksizleştirme özelliği dikkate alındığında tekstil sektöründe daha birçok kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalardan bazıları tekstil atık sularının renksizleştirilmesi (Oğuz ve ark. 2005), denim kumaşların ağartılması (Özdemir ve ark. 2008), reaktif hatalı boyanmış pamuklu kumaşların ağartılması (Eren ve ark. 2016), polyester boyama sonu ard yıkamalar (Gündoğan ve Eren 2014), pamuklu kumaşların ağartılması (Eren ve Öztürk 2011), angora lifinin ozonla muamelesi (Perinçek ve ark. 2008). Bunlar ve bunlara benzer proseslerde ozon kullanımının mümkün kılınıp yaygınlaştırılmasıyla kimyasal kullanımı azalacağından çevreye verilen zarar azalmış olacaktır. İşlemin kimyasalsız, soğukta ve normal prosese göre çok daha kısa sürede gerçekleşmesi de maliyetleri oldukça düşürmektedir.

2.4.1. Ozon gazı üretimi ve özellikleri

Ozon, atmosferde var olan bir gaz olmanın yanı sıra teknolojik olarak üretimi de mümkündür. Ozonun doğal yolla oluşumu iki şekildedir. Bunlardan biri yıldırımlar esnasındaki yüksek elektrik boşalımıyla diğeryse güneşten gelen UV ışınların atmosferdeki oksijeni parçalamasıyla gerçekleşir. Teknolojik olarak ozon üretimiye elektrik enerjisiyle havadaki ya da saf bir oksijen kaynağındaki oksijen moleküllerinin parçalanarak bir oksijen molekülüne bağlanması şeklinde elde edilir (Uysal 2010).

Atmosferde bulunan ozon stratosferik ozon ve troposferik ozon olmak üzere iki çeşittir. Stratosferik ozon, yerden 15-50 km uzaklıktaki stratosfer tabakasında bulunur atmosferdeki toplam ozonun %90'ını oluşturur. Stratosferik ozon, güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonu emdiğinden dolayı buna iyi huylu ozon da denir. Bu sebeple hayati önem taşır (<http://www.mgm.gov.tr>, 2016).

Troposferik ozon ise yeryüzünün 15. km'sine kadar olan kısımda, troposfer tabakasında yer alan ve atmosferdeki toplam ozonun %10'luk kısmı oluşturan ozondur ve kötü huylu ozon olarak da bilinir. Bu ozonun oluşum sebebi insan kaynaklı aktivitelerden kaynaklanmaktadır. Kötü huylu ozonun başlıca kaynağı motorlu taşıtlar, endüstriyel baca gazları ve enerji santralleridir. Genelleme yapmak gerekirse aslında kötü huylu ozonun temel sebebi hidrokarbon ve azot oksitlerdir (NOx). Bu bileşiklerin güneş ışığı ile reaksiyona girmesi sonucu kötü huylu yani troposferik ozon açığa çıkmaktadır (<http://www.mgm.gov.tr>, 2016).

Son yıllarda çeşitli insan faaliyetleri sonucu iyi huylu ozonda azalma meydana gelirken kötü huylu ozonda artış söz konusudur. İyi huylu ozonun atmosferde yok edilmesinin nedeni günlük yaşantıda kullanılan deodorantlar, klimalar, soğutucular, sanayide kullanılan bazı kimyasal çözücüler içerisinde bulunan klorlu bileşikler, brom, metal gibi zararlı kimyasallardır. Bu kimyasallar stratosfer tabakasına taşınıp burada bulunan ozon moleküllerini parçalayarak stratosferik ozonun incelmesine sebep olmaktadır. Sonuç olarak iyi huylu ozonun atmosferdeki yoğunluğu azalmakta ve güneşin zararlı etkilerinin dünyaya ulaşması kolaylaşmaktadır (<http://www.mgm.gov.tr>, 2016).

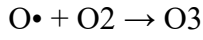
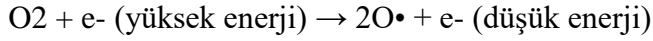
Ozonun yapay olarak üretimi

Ozonun yapay olarak üretimi ozon jeneratörleri tarafından sağlanmaktadır. Ozon jeneratörleri oksijen molekülünü iki oksijen atomuna parçalayarak atomlardan birini, başka bir oksijen molekülüne bağlar ve ozon üretilmesini sağlar. Ozon jeneratörleri 3 farklı metotta çalışabilirler. Bunlardan biri düşük miktarda ozon üretim kapasitesine sahip olan ultraviyole lambası ile ozon üretimidir. Bir diğeri yüksek miktarda elektrik enerjisi tüketen düşük frekans ozon jeneratörleridir. Son olarak da yüksek frekans ozon jeneratörleridir. Bu jeneratörler dünyada yaygın olarak kullanılır ve yüksek kapasitede ozon üretimi sağlarlar. Bir de radyo kimyasal ozon üretimi vardır; ancak bu prensipte

zararlı izotopları filtrelemede çok fazla problemle karşılaşıldığından ticari olarak kullanımını yoktur (Smith 2011).

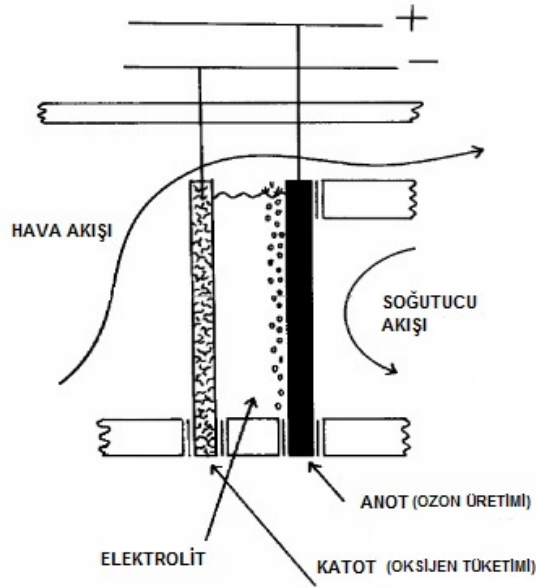
İlk endüstriyel ozon jeneratörü üretimi Siemens tarafından 1857 yılında corona discharge prensibine göre çalışır şekilde geliştirmiştir (Iglesias 2002).

Ozon üretimi sırasında atomik oksijenlerin oksijen atomuyla reaksiyonu aşağıdaki denklemde görülmektedir.



Elektrolitik ozon üretimi

Elektroliz, bir sıvının içinden geçen elektrik akımı vasıtasıyla meydana gelen reaksiyonla, sıvıda çözülmüş kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemidir. Bu metot ile ozon üretiminde elektrolit olarak su veya sülfirik asit (H_2SO_4) kullanılabilir. Anot yüzeyinde korozif etkiyi mümkün olduğunca azaltmak ve üretim verimini arttırmak amacıyla farklı anot malzemelerle ve elektrolitlerle çalışılabilir. Elektrolitik yöntemle ozon üretimi yapan bir jeneratörün örnek bir hücresi Şekil 2.15'te gösterilmiştir (Smith 2011).



Şekil 2.15. Elektrolitik ozon üretimi yapan bir cihazın çalışma prensibi (Smith 2011)

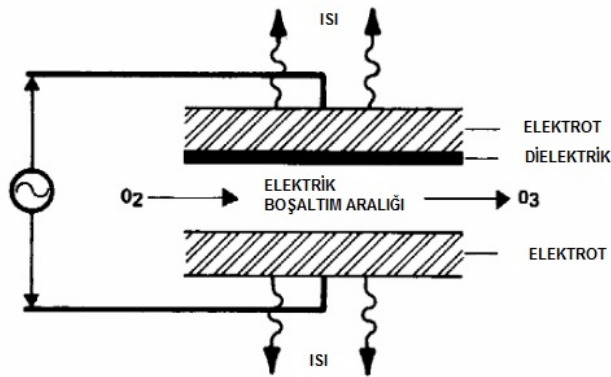
Yüksek konsantrasyonlarda ozon üretiminin oldukça küçük bir ekipmanla yapılması sistemin en büyük avantajlarından biridir. Ancak sudaki klor iyonlarından dolayı klor gazı açığa çıkma ihtimali vardır ve elektrotların korozyondan etkilenmemesi için özel elektrotlara ihtiyaç duyulmaktadır (Perinçek 2006).

Corona discharge yöntemiyle karşılaştırıldığında düşük yatırım maliyetinden dolayı tercih edilebilir bir yöntem gibi gözükse de işletim maliyetleri oldukça yüksektir. Ticari açıdan uygulanabilir bir yöntem olabilmesi için elektrolit bileşiminde ve anot/katot üretimi üzerinde geliştirme yapılmasına ihtiyaç vardır (Smith 2011).

Yapay olarak ozon üretimi ilk kez 1840 yılında Schönbein tarafından sülfirik asitin elektrolizi sırasında keşfedildiğinden bu metot tarihi bir öneme de sahiptir (Perinçek 2006).

Corona discharge ile ozon üretimi

Corona discharge yöntemi ile ozon üretimi en fazla kullanım alanına sahip tekniktir. İşlemin esası kuru oksijen gazının elektrik alan içerisinde geçirilerek elektronlarını hızlandırmak suretiyle kinetik enerji kazandırmak ve oksijen molekülündeki çift bağlı kırmaya dayanmaktadır. Bu işlem sonunda açığa çıkan her oksijen atomu bir oksijen molekülü ile reaksiyona girmekte ve ozon gazı oluşturmaktadır. Proses esnasında açığa çıkan yüksek ısı bir soğutucu vasıtasıyla ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde üretilen ozonun bir kısmı parçalanarak yok olur. Bu sebeple jeneratörde bir soğutucu ekipman bulunması şarttır (Perinçek 2006). Şekil 2.16'da corona discharge prensibine göre çalışan bir jeneratör örneği görülmektedir.



Şekil 2.16. Corona discharge prensibine göre çalışan bir ozon jeneratörünün çalışma prensibi (Smith 2011)

Corona discharge yönteminin yaygın kullanılmasının sebebi elbette sahip olduğu birçok avantajdır. Bu avantajlar ozon üretme kapasitesinin yüksek oluşu, ozon üretim maliyetinin uygunluğu, çok fazla bakım gerektirmemesi ve parça değişim süresinin 10 yıl gibi uzun bir süre oluşu, kurulumunda fazla yer gerektirmemesi şeklinde sıralanabilir (Perinçek 2006).

Fotokimyasal olarak ozon üretimi

185 nm'deki ultraviyole ışığını emen bir lambanın içerisinden geçirilen ortam havasında bulunan oksijen molekülü, parçalanarak kararsız oksijen atomuna dönüştürülür. Bu kararsız halde bulunan oksijen molekülü hemen bir oksijen molekülüne bağlanarak 3 oksijen atomundan oluşan ozon molekülünü oluşturur ve ozon üretilmiş olur. Bu yöntemin düşük ozon üretim kapasitesi nedeniyle kullanımı sınırlı kalmış ve yaygınlaşmamıştır. Ayrıca UV lambanın periyodik aralıklarla değiştirilmesi gerekmektedir ve elektrik harcamı da yüksektir.

Radyo kimyasal ozon üretimi

Oksijenin yüksek enerjili radyoaktif ışınımı ozon oluşumunu destekleyebilir. Spesifik koşullar altında oksijen kullanımıyla yüksek verimler elde edilse de en iyi sonuçlar atmosferik basınçta sistem içerisinden hava akışıyla gerçekleştirilmektedir. Radyo kimyasal ozon üretiminde zararlı izotopları filtrelemede çok fazla problemle karşılaşıldığından bu yöntemin ticari olarak kullanım potansiyeli görülmemektedir (Smith 2011).

2.4.2. Ozonlama işleminde etkin olan parametreler

Ozon gazı kullanılarak yapılan renk sökme işleminde proses verimliliği bir takım parametrelere bağlıdır. Bu parametrelerden bazıları proses bazıları da hammadde kaynaklıdır. Proses kaynaklı parametreler sıcaklık, mekanik karıştırma, pH, ve ozon dozu olarak sayılabilir. Ham madde kaynaklı değişkenlerse kumaş tipi, elyaf cinsi ve boyarmadde tipidir (Eren ve Anış 2006).

pH'n etkisi: Ozon gazı suda ya ozon molekülü şeklinde ya da ozonun parçalanma ürünü olan hidroksil radikalleri ile yükseltgen etki gösterir. Bu iki oluşumdan hangisinin daha çok bulunacağı ortamın pH'ına bağlıdır. Asidik ortamda moleküler ozon varlığı

baskınken, pH yükseldikçe radikalik türler baskın hale gelir. Hidroksil radikali, moleküler ozona göre daha güçlü bir yükseltgen olmasına rağmen yarılanma ömrü daha kısadır. Bu sebeple yapılacak denemeler sonucu optimum pH değeri belirlenmelidir (Uysal 2010).

Sıcaklığın etkisi: Sıcaklığın artması ozon çözünürlüğünü azaltırken reaksiyon hızını arttırır. Bu nedenle sıcaklık artışının prosesi kesin olarak olumlu veya olumsuz etkileyeceği söylenemez. Yapılacak denemeler sonucu optimum sıcaklık belirlenmelidir (Eren ve Anış 2006).

Mekanik karıştırmanın etkisi: Mekanik hareketin yüksek oluşu, suda çözülmüş olan ozon gazının bozunmasına ve oksijene dönüşmesine sebep olmaktadır. EP1989350B1 yayın numaralı patent başvurusunda ozonlu yıkamanın yapıldığı bir yıkayıcıda tambur hareketi en aza indirilerek, suda çözülmüş ozon gazının yapısını daha uzun süre korunarak ozonlu yıkama etkinliğinin artırılması sağlanmıştır. Ancak düşük mekanik hareketle karıştırmanın da ozon gazının çözelti içerisine dağılımı kolaylaştırdığından olumlu etkisi olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Özgürel ve ark. 2011).

Ozon dozunun etkisi: Diğer parametreler sabit kalmak kaydıyla ozon konsantrasyonu arttıkça işlemin etkinliği de artacaktır (Eren ve Anış 2006).

2.4.3. Ozonlama ile atık su arıtımı

Tekstil sanayiinde yaş proseslerde oldukça yüksek miktarda su, kimyasal ve boyarmadde kullanımı söz konusudur. Bu prosesler sonucu ortaya çıkan atık sular da prosese göre farklılık göstermektedir. Çizelge 2.4'te farklı terbiye proseslerinden alınan atık suların karakteristikleri gösterilmiştir (Correira ve ark 1994).

Sanayiden çıkan atık suların çevreye ve insan sağlığına olan zararından dolayı renksizleştirilip dezenfekte edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ozon gazı, hem atık sularda etkili bir dezenfeksiyon sağlar hem de %99 oranında atık suyu renksizleştirebilmektedir. Renksizleştirme işlemi boyarmadde molekülüne renk veren kromofor grubun konjuge çift bağını kırarak gerçekleştirilmektedir (Öztürk ve Eren 2010).

Eren ve Anış'in (2006) ozon ile atık suların renksizleştirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada mekanik karıştırmanın reaksiyonu olumlu yönde etkilediğini, sıcaklığı

arttırmanın proses verimi üzerinde kayda değer bir değişimine yol açmadığını tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada ozon dozunu arttırmanın renksizleştirme etkinliğini arttırdığı; ancak nötr pH yerine asidik ya da alkali ortamda çalışmanın proses verimliliği açısından daha faydalı olduğu da çıkarılan bir diğer sonuçtur.

Çizelge 2.4. Boyama atık sularının karakteristikleri (Kocaer ve Alkan 2002)

Boya türü	Elyaf çeşidi	Renk	BOİ	TOK	AKM	ÇKM	pH	
		Amerikan Boya İmalatçıları Enstitüsü renk birimi	Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Toplam Organik Karbon	Askıda Katı Madde	Çözünmüş Katı Madde		
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		
Asit	Poliamid	4 000	240	315	14	2 028	5,1	
1.2 Metal kompleks	Poliamid	370	570	400	5	3 945	6,8	
Bazik	Akrilik	5 600	210	255	13	1 469	4,5	
Direkt	Viskoz	12 500	15	140	26	2 669	6,6	
Reaktif, kesikli	Pamuklu	3 890	0	150	32	12 500	11,2	
Reaktif, sürekli	Pamuklu	1 390	102	230	9	691	9,1	
Vat	Pamuklu	1 910	294	265	41	3 945	11,8	
Dispers, yüksek sıcaklıkta	Polyester	1 245	198	360	76	1 700	10,2	

2.4.4. Ozonun tekstilde kullanımı

Günümüzde ozonun tekstil sektöründe kullanılabilirliği üzerine farklı alanlarda çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmaların birçoğunun pratikte henüz bir kullanımı yoktur. Ozon gazının tekstilde yaygın olarak kullanıldığı alan denim yıkama sektörüdür. Denim yıkamada indigo boyalı pamuklu kumaşlar üzerine eskitme ya da desen oluşturma amacıyla yapılan boya sökümünde ozon kullanılmaktadır. Çevresel açıdan büyük önem arz eden ozon gazının tekstil endüstrisinde kullanımının yaygınlaştırılması için yapılan diğer çalışmaların önemi büyüktür (Öztürk ve Eren 2010).

Literatüre bakıldığında yapılan çalışmalarda ozonun pamuk, jüt, yün ve ipeğin ağartılmasında; polyamid, polylaktik asit, polyester terbiyesinde; yünün keçeleşmezlik işlemlerinde; denim yıkamada ve atık suyun ağartılmasında kullanıldığı görülmektedir (Eren ve Öztürk 2011). Bunların dışında polyesterin boyama sonu ard işlemlerinde

(Gündoğan ve Eren 2014) ve polyester boyama yapılan banyonun ağartılıp tekrar kullanılması (İyizaman 2014) da yapılan diğer çalışmalarıdır.

Perinçek (2006) yaptığı çalışmada pamuk ve jütün ağartılmasında konvansiyonel yöntemle aynı beyazlık elde etmiştir. Perinçek ve ark. (2008) ise yün ağartılmasında istenen başarıyı elde edememişlerdir; çünkü beyazlık derecesini yakalasalarda dahi, ozonun yünün pul tabakasına çok fazla zarar verdiğini tespit etmişlerdir. Öztürk ve Eren'in (2010) yaptığı araştırmalarda yapılan bir çalışmada ise ozonla muamelede pul tabakasının değişikliğe uğraması keeleşmenin azalmasına ve buna bağlı çekmezlik özelliklerinin gelişmesine katkı sağladığı not edilmiştir. İpek ağartılması ile ilgili yapılan başka bir çalışmada da kumaş esnekliğinde gelişme ve kumaş renginde düşme sağlanmıştır. İki kumaşın beyazlıkları karşılaştırıldığında ise hidrojen peroksitle arasında önemli bir fark görülmemiştir (Sargunamani ve Selvakumar 2006). Polyamid ve polyester kumaşların ozonlanmasıyla ilgili yapılan çalışmada kumaşlarda ozonlama işleminin sonucunda kumaş tutumlarının iyiye gittiği belirtilmiştir (Öztürk ve Eren 2010). Ozonun polilaktikasit (PLA) liflerine etkisinin incelendiği bir çalışmada da ozon ile muamele sonucu elyafın hidrofilitesinin ve boyarmadde alımının arttığı rapor edilmiştir (Uysal 2010). Denim kumaşlarda rengin açılması için ozon kullanımı ise oldukça yaygın bir şekilde tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır. Polyester kumaşların ard işlemlerinde de oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiş hatta polyester boyama yapılan suyun geri kazanılıp ağartılıp tekrar boyanma işleminde kullanılmasının da temiz banyo ile yapılan boyama arasında renk farkının neredeyse olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (İyizaman 2014). Atık suyun renksizleştirilmesinde ozon kullanımı da yine oldukça yaygındır (Öztürk ve Eren 2010).

2.4.5. Ozonun insan sağlığına etkisi

Ozon gazı, kararsız bir yapıda olduğundan kullanım sonrası oksijene dönüşür. Bu sebeple kullanım sonrası sağlık açısından herhangi bir zarar yoktur. Ancak kullanım sırasında uzun süre veya yüksek dozda teneffüs edildiğinde akciğerler için tahriş edici özelliği vardır. Solumun esnasında da maruz kalan kişi tarafından öksürük, nefes darlığı ve boğazda yanma şeklinde rahatsızlıklar verir (Öztürk ve Eren 2010).

Aralarında EPA, OSHA, USDA ve ACGIH bulunduğu Amerika Birleşik Devletlerindeki bazı kuruluşlar 0,10 ppm miktarındaki ozon seviyesine 8 saat süreyle kalmanın hiçbir yan etkisi olmadığını tespit etmiştir. Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) de tıbbi cihazların ozon çıkışının 0.05 ppm'den fazla olmaması gerektiğini belirtmiştir (<http://www.airozon.com>, 2016).

Yüksek dozda ozon öldürücü olduğu gibi tıpta düşük dozlarda ozon kullanımı da mevcuttur. Bu alanların başında kan temizleme, diyabet ve kozmetik gelmektedir. Ayrıca ozon bilinen bütün virüslerin kapsülünü kitler ve üremesini engeller, bu özelliği ile de güçlü bir mikrop öldürücüdür (<http://www.airozon.com>, 2016).



3. MATERYAL VE YÖNTEM




3.1. Materyal

3.1.1. Kumaşlar

Boya ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan kumaşlar

Renk sökme yapmak için seçilen hatalı basılmış ve boyanmış, fikse ve yıkaması yapılmış kaliteler işletmede en fazla çalışılan pamuk ve viskon kalitelerden seçilmiştir. Baskılı kumaşların renk sökümünde 1 adet %100 pamuk dokuma, 2 adet de %100 viskon dokuma kumaş seçilmiştir (Çizelge 3.1). Boyalı kumaşlarda ise farklı renk, en ve gramajlarda viskon ve pamuk, dokuma ve örme kaliteler seçilmiş ve Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada deneme yapılan baskılı kumaşlar

Kumaş kodu	CO1	CV1	CV2
Kumaş kompozisyonu	%100 Pamuk	%100 Viskon	%100 Viskon
Kumaş sıklığı (cm'de)	53 x31	30 x 25	30 x 25
Dokuma tipi	Bezayağı	Bezayağı	Bezayağı
Kumaş gramajı	115	115	115
Desen			














Çizelge 3.2. Çalışmada deneme yapılan düz boyalı kumaşlar

Kumaş kodu	Kumaş Kompozisyon	Kumaş sıklığı	Dokuma tipi	Kumaş gramajı	Renk
CVa	% 100 Viskon	40 x 38	Bezayağı	80	
CVb	% 100 Viskon	30 x 25	Bezayağı	115	
CVc	% 100 Viskon	46 x 32	2/1 Dimi	160	
COa	% 100 Pamuk	76 x 42	Saten	80	
COb	%98 Pamuk %2 Elastan	82 x 32	Saten	190	
COc	% 92 Pamuk % 8 Elastan	16 x 22	Süprem	210	

Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan kumaşlar

Dijital baskılı kumaşlarda renk sökümü dokuma kumaşlar üzerinde denenmiştir. Kullanılan dokuma kumaşlar ince ve kalın gramajlarda %100 Viskon ve %100 Pamuk dokuma kumaşlardır. Ayrıca denemelerde işlemin tekrar edilebilirliğini test etmek için her kumaş kalitesin en az 3 farklı renk ve desende renk sökme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kumaşlara dair detaylı bilgi ve basılan desenler Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan kumaşlar

Kumaş kodu	CO-90m-O3			CO-30m-O3			CV-60m-O3				CV-45m-O3		
Kumaş kompozisyonu	% 100 Pamuk			% 100 Pamuk			% 100 Viskon				% 100 Viskon		
Kumaş sıklığı (cm'de)	53 x31			76 X 42			30 x 25				40 x 38		
Dokuma tipi	Bezayağı			Saten			Bezayağı				Bezayağı		
Kumaş gramajı	115			80			115				80		
Desen numarası	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
													




3.1.2. Boyarmadde ve yardımcı kimyasallar

Boyama ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmadde ve yardımcı kimyasallar

Baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler Çizelge 3.4 'te, boyama işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler Çizelge 3.5 'te gösterilmiştir. Hem konvansiyonel hem de ozon prosesinde kullanılan yardımcı kimyasallar ve bunların kullanım amaçları Çizelge 3.6 da yer almaktadır.



Çizelge 3.4. Baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler

Kumaş kodu	Desen	Renk	Reçete
CO1		SİYAH	Everzol Black PGR 5 g/kg
			Remazol Deep Black RGBN 35 g/kg
		TURUNCU	Setactive Orange P2R 42,7 g/kg
			Setactive Red PB 23,8 g/kg
		KREM	Setactive Yellow P6G 0,88 g/kg
			Setactive Orange P2R 0,26 g/kg
CV1		HAKİ	Setactive Golden Yellow P2R 40 g/kg
			Novacron Black PSGN 60 g/kg
			Setactive Brillant Blue P3R 4 g/kg
		SARI	Setactive Golden Yellow P2R 19 g/kg
			Setactive Orange P2R 1 g/kg
		TURUNCU	Setactive Orange P2R 29 g/kg
			Setactive Red P4BN 9 g/kg
		TURKUAZ	Setactive Orange P4R 1 g/kg
			Setactive Golden Yellow P2R 9 g/kg
			Setactive Brillant Blue P3R 37 g/kg
		LACİVERT	Setactive Turquoise PGR 41 g/kg
			Setactive Navy Blue P2R 14,2 g/kg
			Setactive Red P4BN 4,44 g/kg
			Everzol Black PGR 6,2 g/kg
		CV2	
Everzol Black PGR 8,8 g/kg			
KIRMIZI	Remazol Deep Black RGBN 23,5 g/kg		
	Setactive Orange P2R 41,2 g/kg		
TURKUAZ	Setactive Red P4BN 15 g/kg		
	Setactive Turquoise PGR 80 g/kg		
K. PEMBE	Setactive Yellow P6G 7 g/kg		
	Setactive Red P4BN 87,8 g/kg		
PEMBE	Setactive Brillant Blue P3R 1,5 g/kg		
	Setactive Orange P4R 0,57 g/kg		
SARI	Setactive Red PB 15,9 g/kg		
	Setactive Yellow P6G 53 g/kg		
			Setactive Golden Yellow P2R 50 g/kg

Çizelge 3.5. Boya işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler

Kumaş tipi	Renk	Boyama reçetesi		Toplam boyarmadde yüzdesi	Boyama şekli
CVa		Corafix Yellow GD-3R	8,3801%	29,33%	Pad batch
		Corafix Red GD-2B	12,6741%		
		Corafix Navy GD-G	8,2748%		
CVb		Corazol Yellow RTF	0,2958%	1,39%	Jet
		Setazol Red GF	1,0913%		
CVc		Corazol Yellow RTF	0,6240%	2,76%	Jet
		Setazol Red GF	0,6569%		
		Corafix Navy GD-G	1,4763%		
COa		Corafix B. Yellow GL	0,8802%	4,01%	Jet
		Corafix Orange GD3R	0,1830%		
		Coralite Blue FLR	2,9455%		
COb		Corafix Red GD-2B	13,9965%	83,41%	Pad batch
		Corafix Navy GD-G	18,5900%		
		Everzol Black EDG	50,8262%		
COc		Corafix Yellow GD-3R	0,6005%	1,39%	Jet
		Corafix Red GD-2B	0,0770%		
		Coralite Blue FLR	0,7097%		














Çizelge 3.6. Boya ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan yardımcı kimyasallar

Kimyasal adı	Tedarikçi firma	Kullanım amacı
Tioüre dioksit	Veskim	İndirgen madde
Soda	Veskim	Alkali ajan
Sirrix NE	Clariant	Nötralizasyon asidi
Kostik	Veskim	pH ayarı için
Product MT 3012	Maitürk	Reaktif boya egalizatörü
Rucowet MSK	Rudolf Duraner	Penetrasyonu arttırmak için ıslatıcı

Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmadde ve yardımcı kimyasallar

Dijital baskılı kumaşların baskı sonu renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmadde ve yardımcı kimyasalların listesi Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8 de verilmiştir. Kullanılan dijital baskı boyarmaddeleri STORK firmasına aittir.

Çizelge 3.7. Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan boyarmaddeler

			CYAN	MAGENTA	SARI	SİYAH	TURUNCU	MAVİ	TOPLAM
KUMAŞ KODU	DESEN		ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²
CO-90m-O3	P1		0,11	0,22	1,26	1,03	0,19	0,06	2,86
CO-90m-O3	P2		2,65	0,89	0,04	4,82	0,03	1,06	9,49
CO-90m-O3	P3		0,78	0,04	3,54	0,91	0,24	0,01	5,52
CO-30m-O3	P4		2,65	0,89	0,04	4,82	0,03	1,06	9,49
CO-30m-O3	P5		0,04	0,01	1,93	4,98	1,00	0,01	7,98
CO-30m-O3	P6		0,06	0,77	0,10	0,28	0,41	0,02	1,64
CV-60m-O3	P7		2,65	0,89	0,04	4,82	0,03	1,06	9,49
CV-60m-O3	P8		1,01	0,81	1,06	0,78	0,42	2,85	6,94
CV-60m-O3	P9		0,06	0,13	0,58	0,52	0,13	0,00	1,41
CV-60m-O3	P10		0,00	0,17	0,78	0,06	0,52	0,00	1,52
CV-45m-O3	P11		2,65	0,89	0,04	4,82	0,03	1,06	9,49
CV-45m-O3	P12		0,11	0,18	0,07	0,57	0,05	0,03	1,00
CV-45m-O3	P13		0,01	0,27	0,23	0,43	0,16	0,00	1,10

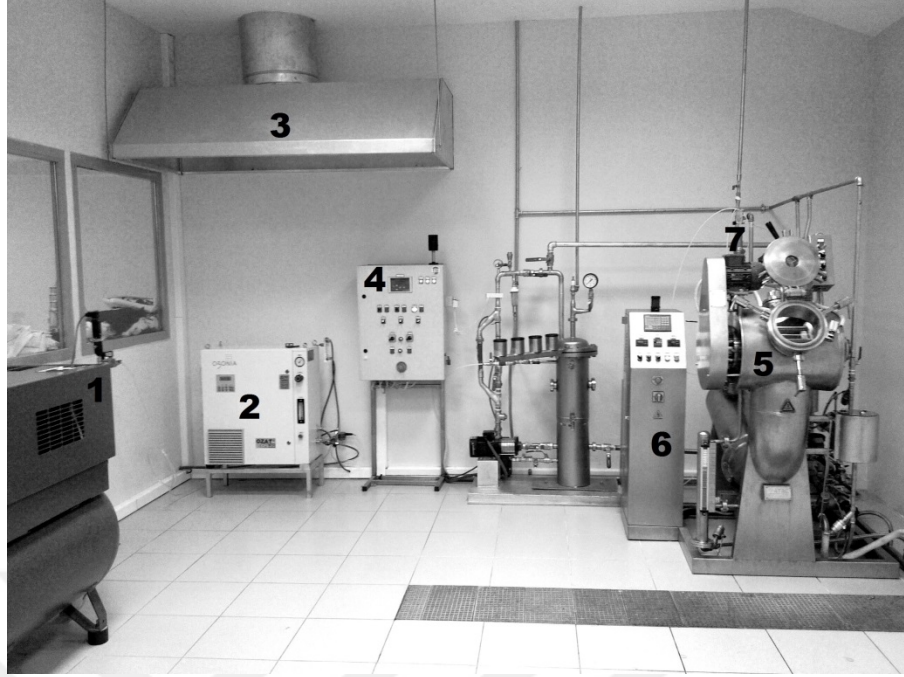
Çizelge 3.8. Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde kullanılan yardımcı kimyasal listesi

Kimyasal adı	Tedarikçi firma	Kullanım amacı
Tioüre dioksit	Veskim	İndirgen madde
Soda	Veskim	Alkali ajan
Sirrix NE	Clariant	Nötralizasyon asidi

3.1.3. Kullanılan cihazlar

Konvansiyonel renk sökme işlemi ve ozonlama prosesinin gerçekleştirildiği jet makinesi Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Jet makinesine ozon beslemesinin yapılabilmesi için makine üzerine bazı yenilemeler yapılmıştır. Öncelikle prototip sistemde ihtiyaç duyulan numune jet boyama makinesi, ozon jeneratörü, ozon jeneratörü hava hazırlama ünitesi, havalandırma ve aspiratör sisteminin kurulumu gerçekleştirilmiştir. Ozon jeneratörü hava hazırlama sistemi kapsamında kompresör, hava filtre paketi ve özel desikant kurutucunun entegrasyonu da sağlanmıştır.

00688.STZ.2010-2 kodlu Santez projesi kapsamında kurulan prototip sistemde ilk adım kompresörde basınçlı havanın üretilmesidir. Üretilen basınçlı hava özel desikant kurutucudan geçirilerek havanın çiğ noktası minimum -55 maksimum -65 değerine getirilir ve ozon jeneratörüne bu değer dışında havanın beslenmesi durumunda, sisteme dahil edilen selenoid vana aracılığı ile uygun kalitede olmayan havanın ozon jeneratörüne girişi engellenmiş olur. Uygun kalitedeki havanın jeneratöre girişinin sağlanmasının yanında jeneratör soğutma suyu hattının bağlantıları yapılmıştır. Jeneratörden ozon gazı çıkış hattının hemen yanına ortamda bulunan ozon gazını ppm cinsinden ölçen ozon sensörü yerleştirilmiştir. Ozon jeneratöründe üretilen ozonun jet boyama makinesi içerisine sorunsuz bir şekilde transferini sağlamak için, daha önceden basınç ve akış parametreleri değerlendirilerek tasarlanan ventürinin bağlantısı düze giriş hattı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Jet boyama makinesinden tahliye edilen ozonun laboratuvar iç ortamında kalmaması için tahliye hattı çıkış ucu atmosfere açık ortama kadar yükseltilmiştir. Gerçekleştirilen sistem içi emniyet önlemlerine ilave olarak olası bir ozon sızıntısının atmosfer ortamına tahliyesini sağlamak üzere aspiratör sistemi ozon jeneratörünün üzerine kurulmuştur.



Şekil 3.1. Ozon beslemeli prototip jet makinesi: 1 - kompresör; 2 – ozon jeneratörü; 3 – havalandırma; 4 – ozon jeneratörü kontrol paneli; 5 – jet boyama makinesi; 6 – jet boyama makinesi kontrol paneli; 7 – ozon beslemesi için gerekli gaz boruları, ventüri ve gaz çıkışı (Gündoğan ve Eren 2014)

Kumaşlara yapılan renk sökme işleminin gerçekleştirildiği ve yukarıda özellikleri anlatılan cihazlar Çizelge 3.9’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.9. Renk sökme işleminin gerçekleştirildiği cihaz ve yardımcı ekipmanlar

CİHAZ	MARKA	MODEL	KAPASİTE
Numune jet kumaş boyama makinesi	ATAÇ	HT3F	3 kg kumaş
Ozon jeneratörü (hava hazırlama sistemi dahil)	OZONIA	CFS3	0,12 kg/h
Ozon Sensörü (havada)	GRUNDFOS	CONEX DIS-G	
Ozon Sistemi Bağlantı Enjektörü (Venturi)	DONE MÜH.	Özel İmalat	

Renk sökme işleminden sonra yapılan beyazlık, renk farkı (dE), kopma mukavemeti ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) değerlerinin hangi standartlarda ve hangi cihazlarda yapıldıkları da Çizelge 3.10’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Kullanılan test standartları ve test cihazları

TEST ADI	TEST STANDARDI	CİHAZ	MARKA	MODEL
Beyazlık İndeksi (Berger)	ISO 105 J02	Spektrofotometre	Datacolor	SF 600 Plus
Renk ölçümü (dE Renk Farkı)	ISO 105 J01			
KOI	Standard Methods 5220 D: Closed Reflux, Colorimetric Method	Termoreaktör	WTW	CR 2200
KOI		Atık su spektrofotometresi	WTW	Photolab 6100 vis
Kopma Mukavemeti	TS EN ISO 13934-2	Kopma test cihazı	Hounsfield	H5KT

3.2. Yöntem

3.2.1. Konvansiyonel yöntemle yapılan renk sökme işlemi

İşletmede konvansiyonel yöntemle yapılan renk sökme işlemi hem boyama/baskı işlemleri tamamlanmış hatalı kumaşlarda hem de dijital baskı sonu fikse işlemi yapılmamış hatalı kumaşlarda aynıdır. Bu işlem Çizelge 3.11 de gösterildiği üzere 100°C’de Tiyöüre dioksit (TUDO) ve soda ile 60 dk muamele ile başlar, kumaş üzerindeki alkaliyi arındırmak için 80°C ve 50°C de 10’ar dakika nötralizasyon işlemi ile devam eder ve sonlanır.

3.2.2. Ozonlama yöntemiyle yapılan optimizasyon

Yapılan ozonlama işleminde boyama işlemleri tamamlanmış kumaşlarda daha önce Eren ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarında elde edilen başarı sağlanamamıştır. Yapılan çalışmalarda kumaşların üst yüzeyinde renk sökümü gerçekleştirilirken dokunun iç kısımlarında yeterli penetrasyon sağlanamadığından istenen renk sökümünün gerçekleşmediği görülmüştür. Ayrıca bu yargıya kumaşın kenar püsküllerinin ozon ile muamelede, kumaş ana yapısının aksine, renginin tamamen sökülebildiğinin görülmesinden de ulaşılabılır. Elde edilen bu bulgu vasıtası ile kumaşa

penetrasyonu arttırmak ve ozon etkinliğini iyileştirmek amacıyla Çizelge 3.11 de gösterilen proses dışında aşağıdaki denemeler de yapılmıştır.

- Asit ile pH düşürerek ozon etkinliğini arttırmak
- Kostik ile pH yükselterek ozon etkinliğini arttırmak
- Sıcaklığı yükselterek ozon etkinliğini arttırmak
- Reaktif egalize maddesi kullanarak daha yüksek beyazlık sağlamak
- Islatıcı ilavesi ile penetrasyonu arttırmak

Çizelge 3.11. Renk sökme prosesleri

Prosesler	Proses adımları
Konvansiyonel renk sökümü	I. Oda sıcaklığında, 5 dk, çalkalama II. 100 °C, 60 dk renk sökümü 10 g/l Soda 10 g/l Tiyöüre dioksit (TUDO) III. 80 °C, 10 dk nötralizasyon 2 g/l Asit III. 50 °C, 10 dk nötralizasyon 1,5 g/l Asit
Ozon prosesi	I. Oda sıcaklığında, 5 dk, çalkalama II. Oda sıcaklığında, 30/45/60/90 dk ozonla muamele ve ardından 10 dk hava ile arındırma

Dijital baskı sonu hatalı kumaşların renk sökme işlemlerinde ise Çizelge 3.11 yer alan prosesler kullanılmıştır. Renk sökme işlemi ozon prosesinde farklı kumaş tiplerinde farklı sürelerde sağlanmaktadır. Bu sebeple önce her kumaş tipi için ozonlama süresi optimize edilmiştir.

3.2.3. Kumaşlar üzerinde yapılan ölçümler

Kuvvet analizi, beyazlık dereceleri ve üniformluk

Baskı ve boyama işlemleri tamamlanmış kumaşlarda renk söküm derecesi spektrofotometrede okunan kuvvet analizi değerleri ile değerlendirilmiştir. Bu

değerlendirmeye göre orijinal boyalı rengin renk kuvveti %100 olarak kabul edilmekte, renk söküm derecesi arttıkça kuvvet analizinde okunan değer azalmaktadır.

Dijital baskı sonu renk sökme işlemlerinde ise hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile muamele gören kumaşlarda renk söküm kalitesini belirlemek amacıyla her kumaşın 10 farklı yerinden Berger beyazlık ölçümleri alınmış ve dE değerlerine bakılmıştır. Böylece hem iki proses arasındaki beyazlatma dereceleri kıyaslanmış hem de her prosesin kendi içerisinde renk sökümünün homojen gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği tespit edilmiştir.

Kükürt varlığı

Viskon kumaşlarda kükürt varlığının boyama üzerindeki negatif etkilerinden dolayı kumaş üzerinden uzaklaştırılması gerekir. Bu sebeple kumaşlardaki kükürt varlığına bakılmış, böylece yenilikçi yaklaşımın kükürt varlığı üzerine etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

İki prosesin kükürt varlığı üzerindeki etkilerini kıyaslamak amacıyla kalitatif kükürt tayini kullanılmıştır. Kükürt (S^{-2}) tayini yapılacak kumaş numunesi şilifli bir erlen içerisine koyulmuş, üzerine bir miktar çinko tozu serpiştirilmiştir. Daha sonra erlen iyice çalkalanarak çinko tozunun kumaşın içerisine nüfuz etmesi sağlanmıştır. Ardından kumaşın üzeri tamamen kapanacak şekilde HCl (%60'lık) ilave edilmiştir. Böylece ortamda H_2S (Hidrojen sülfür) ve H_2 gazının oluşması sağlanır. H_2 gazı, az da olsa çıkan H_2S gazını sürükler. Bunu takiben erlenin ağzı hemen bir filtre kağıdı ile kapatılmış ve kağıdın üzerine gümüş nitrat veya kurşun asetat çözeltisi damlatılmıştır. 10 dakika beklenmiş ve daha sonra filtre kağıdının iç kısmı incelenmiştir. Eğer bir siyahlık oluşmuşsa numune kükürt içeriyor demektir.

Proses maliyeti

Uygulanan yeni prosesin maliyet ve zaman açısından avantajlı olup olmadığının tespiti için her iki uygulamanın zaman, işçilik, kimyasal, enerji, su maliyetleri karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar yapılırken en az ozonlamanın yapıldığı 30 dakikalık ve en fazla ozonlamanın yapıldığı 90 dakikalık proses süreleri göz önüne alınarak konvansiyonel metot ile yeni yöntem arasındaki minimum ve maksimum farklar

bulunmuştur. Çıkan maliyetler 2 kg'lık kumaşlar ile deneme yapıldığından 2 kg kumaş maliyetlerini yansıtmaktadır ki bu da deneme yapılan jet makinesinde 1 partiye tekabül etmektedir.

Çevresel etki değerlendirmesi

Ozonlamada çevresel etki kıyaslaması kimyasal oksijen ihtiyacının ölçülmesi ile saptanmıştır. Bu amaçla her iki prosesin su numuneleri MERCK hazır KOI kitleri (Numara: 14690 ve 14541) kullanarak önce 148°C'de 2 saat termoreaktörde şartlandırılmış, ardından oda sıcaklığına soğuyan numuneler atık su spektrofotometresinde ölçülerek KOI değerleri karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntem Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Kumaş hasarı (Kopma mukavemeti)

Uygulanan ozonlama işleminin uzun süre muamele sonucu kumaş mukavemeti üzerine negatif etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak bu mukavemet düşüşünün ne derece olduğu önemlidir. Ozonlama prosesi ile kumaşlarda meydana gelen kumaş hasarı TS EN ISO 13934-2 Kavrama yöntemi kullanılarak azami kuvvetin tayini standardına göre yapılmıştır. Ozonlama prosesindeki mukavemet değerleri kör proses ile yani aynı ozonlama süresinde yalnızca oda sıcaklığında durulama yapılan kumaşın mukavemeti ile karşılaştırılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kumaşlar Arası Kuvvet Analizi, Beyazlık Dereceleri ve Üniformluk

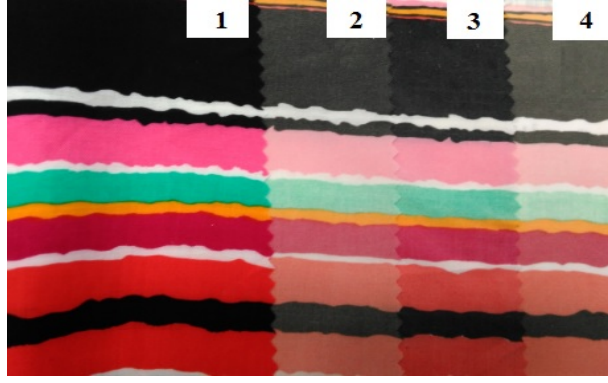
Boyama ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda renk söküm derecesi

Boyama ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda söküm derecesini belirlemek amacıyla kuvvet analizinden yararlanılmıştır. Çizelge 4.1’de hem görsel hem de nicel olarak kumaşlardaki renk söküm dereceleri gösterilmiştir. Ortalama renk söküm derecelerine bakıldığında konvansiyonel yöntemle ortalama %98,45 olan renk sökümü, ozon prosesiyle %85,55’te kalmıştır.

Çizelge 4.1. Boyama ve baskı işlemleri tamamlanmış kumaşlarda renk söküm derecelerini gösteren kuvvet analizi tablosu

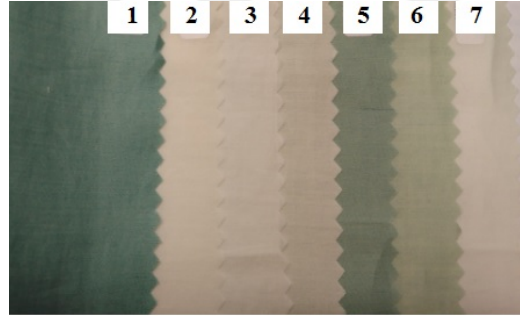
Kumaş kodu	Boyalı/Baskılı kumaş		Ozon Prosesi		Klasik Yöntem	
	Renk	Kuvvet değeri	Renk	Kuvvet değeri	Renk	Kuvvet değeri
CVa		100%		7,26%		0,48%
CVb		100%		18,63%		1,09%
CVc		100%		13,37%		0,56%
COa		100%		4,91%		3,52%
COb		100%		24,82%		2,35%
COc		100%		12,21%		2,58%
CO1		100%		16,30%		0,87%
CV1		100%		15,46%		1,54%
CV2		100%		16,82%		0,97%

Elde edilen sonuçlarda kumaşların üst yüzeyinde renk sökümü elde edilirken kumaşların iç yüzeyine yeterli penetrasyon sağlanamadığı anlaşılmıştır. Özellikle kumaşların kenar püsküllerinde rengin tamamen gittiğini görüp kumaş üzerinde gitmediğini görmek bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Renk sökümünü arttırmak amacıyla çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu sebeple birinci grupta CV2 kodlu baskılı kumaşa sıcaklığı 40°C’de çalışmak ve asidik ortamda çalışmak olmak üzere iki farklı deneme görülmüş; ancak Şekil 4.1’de görüldüğü üzere asidik ortamda bir miktar daha renk sökümü artsa da beklenen başarı sağlanamamıştır.



Şekil 4.1. CV2 kodlu kumaşta ozon etkinliğini arttırmak amacıyla yapılan deneme sonuçları: 1- Orijinal, 2-Oda sıcaklığında ozon muamelesi, 3-40°C'de ozon muamelesi,4-Asit ilavesiyle ozon muamelesi

Yapılan bir başka denemede ise boyalı COa kodlu kumaş ozonun etkinliğini arttırma ihtimaline karşı alkali ortamda ve 80°C'de, penetrasyonu arttırmak ve daha etkin bir renk sökme sağlamak amacıyla 1 g/l ıslatıcı ilavesiyle ve 0,25 g/l reaktif egalize maddesiyle muamele edilmiş; ancak yine en iyi renk sökme oda sıcaklığında yapılan muamele ile mümkün olmuştur. Bu çalışmaya dair elde edilen sonuçlar Şekil 4.2'de gösterilmiştir.





Şekil 4.2. COa kodlu kumaşta ozon etkinliğini ve penetrasyonu arttırmak amacıyla yapılan deneme sonuçları:1-Orijinal, 2-Ozon prosesi, 3-Konvansiyonel yöntem, 4-İslatıcı ilavesiyle ozon prosesi, 5-80°C'de ozon prosesi, 6-Kostikli ozon prosesi, 7-Egalizatörlü ozon prosesi

Dijital baskı sonu yapılan renk sökme işlemlerinde beyazlık dereceleri ve üniformluk

Beyazlık derecelerinin karşılaştırılabilmesi ve homojen bir renk sökümünün gerçekleştiğinin objektif kanıtı için konvansiyonel işlemle ve ozon prosesiyle ağartılan kumaşlarda berger beyazlık değerleri ve dE değerleri kumaşların 10 farklı yerinden

bakılmıştır. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.19 arasında her kumaş grubu tek tek değerlendirilmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

Çizelge 4.2. %100 Pamuk 115 g/m² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları

	CO-90m-O3 / P1	CO-90m-O3 / P2	CO-90m-O3 / P3
İşlemsiz			
Kör (Konvansiyonel proses)*			
Kör (Ozon prosesi)**			
Konvansiyonel proses			
Ozon prosesi			

*Konvansiyonel proses süresi(60dk) ve sıcaklığı korunarak kimyasal kullanılmadan uygulanan prostir.

**Ozonlama prosesi süresi(90dk) ve sıcaklığı korunarak ozon kullanılmadan uygulanan prostir.

Çizelge 4.3'te CO-90-O3 kodlu kumaşın P1 nolu deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin aynı olduğu söylenebilir. Ortalama dE değerlerine bakıldığında ozon prosesinde ortalama dE farkının bir miktar yüksek olduğu görüldüğünden

konvansiyonel yöntemde biraz daha homojen bir söküm gerçekleştiği görülmektedir. Ancak bu farklılık gözle ayırt edilebilir düzeyde değildir.

Çizelge 4.3. CO-90-O3 kodlu kumaşın P1 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-90m-O3				
P1				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	71,33	Ref.	70,83
2. okutma	0,03	71,31	0,48	73,57
3. okutma	0,09	71,73	0,37	72,53
4. okutma	0,11	71,08	0,23	71,84
5. okutma	0,16	70,70	0,35	70,64
6. okutma	0,14	70,83	0,51	69,68
7. okutma	0,09	70,85	0,30	72,91
8. okutma	0,12	70,91	0,25	71,36
9. okutma	0,15	70,43	0,27	72,15
10. okutma	0,03	71,38	0,24	71,59
Ortalama	0,10	71,06	0,33	71,71

CO-90-O3 kodlu kumaşın P2 nolu deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri Çizelge 4.4'te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.4. CO-90-O3 kodlu kumaşın P2 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-90m-O3				
P2				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	64,67	Ref.	57,85
2. okutma	0,31	63,13	0,23	56,91
3. okutma	0,23	63,59	0,15	58,66
4. okutma	0,20	63,70	0,19	58,76
5. okutma	0,04	64,44	0,24	57,87
6. okutma	0,34	62,62	0,18	58,71
7. okutma	0,14	63,84	0,16	58,77
8. okutma	0,15	63,82	0,20	58,84
9. okutma	0,19	63,63	0,08	58,03
10. okutma	0,18	63,82	0,11	58,49
Ortalama	0,20	63,73	0,17	58,29

Berger değerlerinin ozonlama prosesinde %8,5 daha düşük olduğu görülse de dE değerlerine bakıldığında ozon prosesinde daha homojen bir söküm gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.5'te CO-90-O3 kodlu kumaşın P3 nolu deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin aynı olduğu söylenebilir. dE değerlerinin ortalamasına bakıldığında da ozon prosesinde çok daha homojen bir söküm gerçekleştiği görülmektedir.

Gramajı 115 g/m² olan bu dokuma kumaşta genel olarak hem berger hem de dE değerlerinin oldukça tatmin edici düzeyde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. CO-90-O3 kodlu kumaşın P3 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-90m-O3				
P3				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	72,67	Ref.	68,78
2. okutma	0,06	72,44	0,13	69,28
3. okutma	0,03	72,68	0,19	68,34
4. okutma	0,06	72,49	0,14	68,75
5. okutma	0,06	72,47	0,26	70,40
6. okutma	0,06	72,77	0,29	70,52
7. okutma	0,02	72,49	0,22	70,12
8. okutma	1,34	68,61	0,28	70,41
9. okutma	2,41	62,5	0,17	69,90
10. okutma	2,6	60,5	0,35	70,73
Ortalama	0,74	69,66	0,23	69,83

80 g/m² ağırlığındaki %100 pamuk saten dokuma kumaşın renk söküm dereceleri Çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Her desende 30 dk ozonlama süresinin yeterli geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.6. %100 Pamuk 80 g/m² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları

	CO-30m-O3 / P4	CO-30m-O3 / P5	CO-30m-O3 / P6
İşlemsiz			
Kör (Konvansiyonel proses)*			
Kör (Ozon prosesi)**			
Konvansiyonel proses			
Ozon prosesi			

*Konvansiyonel proses süresi(60dk) ve sıcaklığı korunarak kimyasal kullanılmadan uygulanan prosestir.

**Ozonlama prosesi süresi (30dk) ve sıcaklığı korunarak ozon kullanılmadan uygulanan prosestir.

Çizelge 4.7’de CO-30-O3 kodlu kumaşın P4 nolu deseninde ozon ile renk renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin ozonlama prosesinde %4,5 daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama dE değerlerinde ise bir farklılık olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.7. CO-30-O3 kodlu kumaşın P4 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-30m-O3				
P4				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	69,96	Ref.	67,22
2. okutma	0,05	70,22	0,02	67,05
3. okutma	0,22	70,25	0,15	66,63
4. okutma	0,11	69,74	0,16	66,58
5. okutma	0,06	70,00	0,06	67,07
6. okutma	0,06	70,10	0,16	66,57
7. okutma	0,05	69,99	0,14	66,53
8. okutma	0,07	70,00	0,16	66,74
9. okutma	0,07	70,20	0,03	67,15
10. okutma	0,17	69,82	0,17	67,05
Ortalama	0,10	70,03	0,12	66,86

Çizelge 4.8’de CO-30-O3 kodlu kumaşın P5 numaralı deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin ozonlama prosesinde %13,9 daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama dE değerlerinde ise bir farklılık olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.8. CO-30-O3 kodlu kumaşın P5 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-30m-O3				
P5				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	70,35	Ref.	61,22
2. okutma	0,32	71,64	0,10	60,61
3. okutma	0,20	70,81	0,31	62,64
4. okutma	0,25	71,10	0,04	60,99
5. okutma	0,05	70,71	0,27	59,89
6. okutma	0,28	71,35	0,14	60,64
7. okutma	0,17	70,56	0,16	60,48
8. okutma	0,13	71,04	0,10	61,26
9. okutma	0,17	70,73	0,18	60,63
10. okutma	0,08	70,63	0,11	61,61
Ortalama	0,18	70,89	0,16	61,00

Çizelge 4.9’da CO-30-O3 kodlu kumaşın P6 numaralı deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin ozonlama prosesinde %3,6 daha düşük olduğu görülmektedir. dE değerlerinin ortalamasına bakıldığında da ozon prosesinde çok daha homojen bir söküm gerçekleştiği görülmektedir.

3 farklı desenden elde edilen sonuçlara bakılarak kalitenin renk söküm davranışı incelendiğinde homojen sökümün gerçekleştirilebildiği; ancak beyazlığın konvansiyonel yöntemle kıyasla bir miktar geride kaldığı söylenebilir.

Çizelge 4.9. CO-30-O3 kodlu kumaşın P6 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CO-30m-O3				
P6				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	68,9	Ref.	66,38
2. okutma	1,49	64,54	0,21	65,32
3. okutma	0,50	69,81	0,20	65,36
4. okutma	0,68	68,74	0,15	65,57
5. okutma	0,52	70,35	0,05	66,08
6. okutma	1,00	65,39	0,09	65,8
7. okutma	0,35	68,01	0,23	67,3
8. okutma	0,31	69,64	0,34	64,58
9. okutma	0,34	68,15	0,04	66,14
10. okutma	0,12	69,19	0,11	65,82
Ortalama	0,59	68,20	0,16	65,77

Kumaş ağırlığı 115 g/m² olan %100 Viskon dokuma kumaşın aşama aşama renk söküm dereceleri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Tüm desenlerde 60 dk ozonla muamelenin renk sökümünde yeterli geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.10. %100 Viskon 115 g/m² olan kaliteye basılan 4 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları

	CV-60m-O3 / P7	CV-60m-O3 / P8	CV-60m-O3 / P9	CV-60m-O3 / P10
İşlemsiz				
Kör (Konvansiyonel proses)*				
Kör (Ozon prosesi)**				
Konvansiyonel proses				
Ozon prosesi				

*Konvansiyonel proses süresi (60dk) ve sıcaklığı korunarak kimyasal kullanılmadan uygulanan prodestir.

**Ozonlama prosesi süresi(60dk) ve sıcaklığı korunarak ozon kullanılmadan uygulanan prodestir.

Çizelge 4.11'de CO-60-O3 kodlu kumaşın P7 numaralı deseninde ozon ile renk sökme işlemi yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin Ozonlama prosesinde %1,7 daha yüksek olduğu görülmektedir. dE değerlerinin ortalamasına bakıldığında ise kayda değer bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.11. CV-60-O3 kodlu kumaşın P7 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-60m-O3				
P7				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	68,66	Ref.	70,50
2. okutma	0,17	68,19	0,07	70,04
3. okutma	0,15	68,3	0,24	69,00
4. okutma	0,06	68,84	0,13	69,61
5. okutma	0,18	68,8	0,12	69,73
6. okutma	0,19	68,36	0,18	69,90
7. okutma	0,20	68,27	0,26	69,09
8. okutma	0,17	68,32	0,13	69,59
9. okutma	0,21	68,39	0,16	69,55
10. okutma	0,16	68,68	0,33	69,73
Ortalama	0,17	68,48	0,18	69,67

Çizelge 4.12’de CO-60-O3 kodlu kumaşın P8 numaralı deseninde ozon ile renk sökme işlemi yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerlerinin ozonlama prosesinde %8,3 daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama dE değerlerine bakıldığında ise ozonlama ile daha homojen bir beyazlık elde edildiği söylenebilir.

Çizelge 4.12. CV-60-O3 kodlu kumaşın P8 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-60m-O3				
P8				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	67,36	Ref.	60,17
2. okutma	1,78	60,3	0,12	59,92
3. okutma	0,75	64,61	0,53	58,43
4. okutma	0,51	65,73	0,64	57,63
5. okutma	0,04	67,18	0,41	59,41
6. okutma	0,36	65,74	0,32	59,47
7. okutma	1,07	62,73	0,48	58,31
8. okutma	1,59	60,92	0,58	57,12
9. okutma	1,14	62,89	0,3	60,15
10. okutma	0,07	67,47	0,3	60,56
Ortalama	0,81	64,49	0,41	59,12

Çizelge 4.13'te CO-60-O3 kodlu kumaşın P9 numaralı deseninde ozon ile renk sökme işlemi yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger ve dE değerlerine bakıldığında arada kayda değer bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.13. CV-60-O3 kodlu kumaşın P9 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-60m-O3				
P9				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	0,06	69,96	Ref.	70,51
2. okutma	0,04	69,72	0,24	69,21
3. okutma	0,07	70,12	0,14	69,78
4. okutma	0,11	70,37	0,16	69,67
5. okutma	0,01	70,58	0,19	69,6
6. okutma	0,08	69,95	0,14	69,89
7. okutma	0,14	69,79	0,15	69,88
8. okutma	0,01	70,83	0,22	69,5
9. okutma	0,18	70,78	0,24	69,4
10. okutma	0,23	68,73	0,07	70,59
Ortalama	0,10	70,10	0,17	69,72

Çizelge 4.14'te CO-60-O3 kodlu kumaşın P10 numaralı deseninde ozon ile renk sökme işlemi yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerleri ozon prosesinde bir miktar önde gözükmekte ve özellikle ortalama dE değerine bakıldığında ozon prosesi ile daha homojen bir beyazlık elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.14. CV-60-O3 kodlu kumaşın P10 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

	CV-60m-O3			
	P10			
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	69,03	Ref.	69,57
2. okutma	0,17	68,27	0,1	70,08
3. okutma	0,4	67,66	0,08	69,95
4. okutma	0,09	69,40	0,05	69,54
5. okutma	0,13	69,15	0,07	69,94
6. okutma	0,24	69,50	0,06	69,2
7. okutma	0,66	66,99	0,06	69,8
8. okutma	0,38	68,59	0,06	69,66
9. okutma	0,5	67,98	0,09	69,1
10. okutma	0,4	68,15	0,2	68,62
Ortalama	0,33	68,41	0,09	69,54

Kumaş gramajı 80 g/m² olan %100 Viskon dokuma kumaşın aşama aşama renk söküm dereceleri Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Tüm desenlerde 45 dk ozonla muamelenin renk sökümünde yeterli geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.15. %100 Viskon 80 g/m² olan kaliteye basılan 3 desenin kör yıkama ve hem konvansiyonel hem de ozon prosesi ile renk sökümü sonuçları

	CV-45m-O3 / P11	CV-45m-O3 / P12	CV-45m-O3 / P13
İşlemsiz			
Kör (Konvansiyonel proses)*			
Kör (Ozon prosesi)**			
Konvansiyonel proses			
Ozon prosesi			

*Konvansiyonel proses süresi (60dk) ve sıcaklığı korunarak kimyasal kullanılmadan uygulanan prosestir.

**Ozonlama prosesi süresi (45dk) ve sıcaklığı korunarak ozon kullanılmadan uygulanan prosestir.

Çizelge 4.16'da CO-45-O3 kodlu kumaşın P11 numaralı deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerleri ozon prosesinde %3,7 geride olmasına rağmen ortalama dE değerine bakıldığında ozon prosesi ile daha homojen bir beyazlık elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.16. CV-45-O3 kodlu kumaşın P11 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-45m-O3				
P11				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	63,73	Ref.	60,56
2. okutma	0,28	62,55	0,16	61,37
3. okutma	0,19	63,44	0,16	61,45
4. okutma	0,29	63,32	0,13	60,43
5. okutma	0,27	63,04	0,13	60,89
6. okutma	0,24	62,92	0,18	60,07
7. okutma	0,05	63,82	0,09	60,86
8. okutma	0,39	62,33	0,09	61,08
9. okutma	0,36	62,18	0,13	59,98
10. okutma	0,45	62,70	0,24	59,75
Ortalama	0,28	63,00	0,15	60,64

CO-45-O3 kodlu kumaşın P12 numaralı deseninde ozon ile renk sökümü yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.17). Berger değerleri ozon prosesinde %4,4 geride olmasına rağmen ortalama dE değerine bakıldığında her iki proseste de homojen bir beyazlık elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.17. CV-45-O3 kodlu kumaşın P12 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-45m-O3				
P12				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	66,32	Ref.	62,89
2. okutma	0,06	66,69	0,05	63,17
3. okutma	0,05	66,01	0,16	62,18
4. okutma	0,06	66,00	0,08	62,4
5. okutma	0,17	65,39	0,09	62,37
6. okutma	0,09	65,96	0,08	63,15
7. okutma	0,11	65,76	0,07	63,22
8. okutma	0,09	66,01	0,11	63,56
9. okutma	0,13	65,62	0,29	64,27
10. okutma	0,13	65,59	0,22	63,15
Ortalama	0,10	65,94	0,13	63,04

Çizelge 4.18’de CO-45-O3 kodlu kumaşın P13 numaralı deseninde ozon ile renk sökme yapıldıktan sonra konvansiyonel prosesle beyazlık ve dE değerleri karşılaştırılmıştır. Berger değerleri ozon prosesinde %10 geride olmasına rağmen ortalama dE değerine bakıldığında her iki proseste de homojen bir beyazlık elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.18. CV-45-O3 kodlu kumaşın P13 deseninin renk sökümü yapılmış kumaşlarının beyazlık ve dE değerleri

CV-45m-O3				
P13				
	Konvansiyonel yöntem		Ozon prosesi	
	dE	Berger	dE	Berger
1. okutma	Ref.	64,61	Ref.	57,65
2. okutma	0,04	64,79	0,15	57,71
3. okutma	0,03	64,42	0,07	57,38
4. okutma	0,86	59	0,15	56,88
5. okutma	0,14	63,66	0,28	58,92
6. okutma	0,22	63,06	0,19	57,65
7. okutma	0,09	64,01	0,22	56,63
8. okutma	0,18	65,42	0,11	57,47
9. okutma	0,09	64,99	0,25	56,86
10. okutma	0,22	65,51	0,05	57,81
Ortalama	0,21	63,87	0,16	57,48

Yapılan çalışmaların özet tablosu Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. Tabloya bakıldığında genel olarak ozonlama prosesi ile elde edilen beyazlık derecelerinin konvansiyonel yöntemle göre daha geride olduğu görülse de işletmede baskıya hazır kumaşların minimum beyazlıklarının 54 berger değerinde olduğu düşünüldüğünde bunun bir problem olmadığı anlaşılmaktadır.

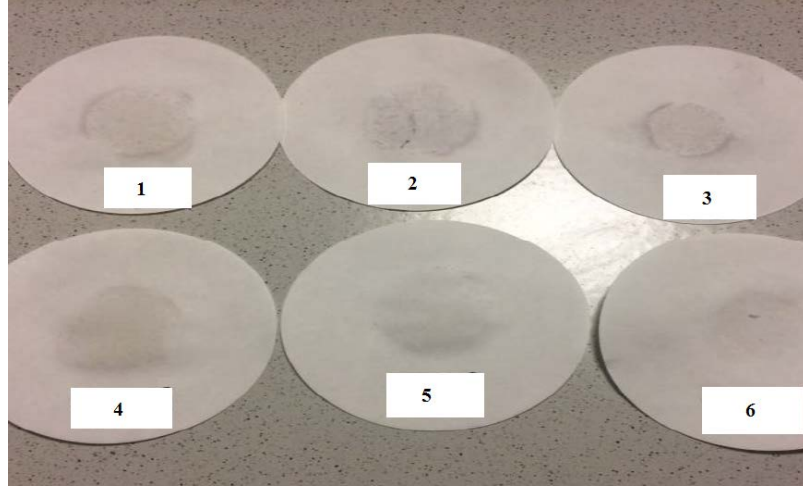
Çizelge 4.19. Ozon işlemine tabi tutulan tüm kumaşların beyazlık derecelerinin ortalamasının konvansiyonel proses ile kıyaslanması

Kumaş	Desen	Berger Değerleri		Fark (%)
		Konvansiyonel yöntem	Ozonlama	
CO-90m-O3	P1	71,06	71,71	% -1
CO-90m-O3	P2	63,73	58,29	% 9
CO-90m-O3	P3	69,66	69,83	% 0
CO-30m-O3	P4	70,03	66,86	% 5
CO-30m-O3	P5	70,89	61,00	% 14
CO-30m-O3	P6	68,20	65,77	% 4
CV-60m-O3	P7	68,48	69,67	% -2
CV-60m-O3	P8	64,49	59,12	% 8
CV-60m-O3	P9	70,10	69,72	% 1
CV-60m-O3	P10	68,41	69,54	% -2
CV-45m-O3	P11	63,00	60,64	% 4
CV-45m-O3	P12	65,94	63,04	% 4
CV-45m-O3	P13	63,87	57,48	% 10

Ozonlama prosesi ile renksizleştirilmiş kumaşların zamanla sararma derecelerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu sararmanın özellikle üzerinde ozon artığı kalan kumaşlarda daha belirgin olduğu ve sararmada selülozdaki aldehit gruplarının artışının etkili olduğu söylenebilir (Malek ve Holme 2003; Albeck ve ark 1965).

4.2. Kumaşlardaki Kükürt Varlığı

Ozon prosesinin kumaşlardaki kükürt miktarı üzerine etkisi gözlemlenmek için yapılan kalitatif kükürt tayini test sonucu Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Kumaşların başlangıç kükürt miktarını da görebilmek adına kasar sonu kumaşlar, her iki prosesin farkını görebilmek için ise hem konvansiyonel yöntemle hem de ozon prosesiyle renk sökümü yapılmış kumaşlar teste tabi tutulmuştur. Yapılan kimyasal analiz sonucuna göre kumaşların hiç birinde kükürt tespit edilmemiştir.



Şekil 4.3. Kükürt varlığı sonuçları: 1- CV-60m-O3 konvansiyonel metot, 2- CV-60m-O3 kasar sonu, 3- CV-60m-O3 ozon prosesi, 4- CV-45m-O3 konvansiyonel metot, 5- CV-45m-O3 kasar sonu, 6- CV-45m-O3 ozon prosesi

4.3. Uygulanan Yöntemlerin Proses Süreleri

Kumaşların sıklık ve gramaj değerlerindeki farklılığın minimum yeterli boyarmadde söküm süresinde farklılığa neden olabileceği düşünüldüğünden ozonlama sürelerinde optimizasyon yapılması gerektiğine karar verilmiştir. Bunun neticesinde 15'er dakika ara ile kumaşlardan parça alınmış ve renk söküm derecelerine bakılmıştır. Kumaşlar tamamen beyazlaşıp desen kaybolana kadar geçen minimum süre o kumaş için işlem süresi olarak baz alınmış ve kumaşın diğer desenleri de bu proses süresi baz alınarak renksizleştirilmiştir. Yapılan işlem süresi optimizasyonları sonucunda elde edilen ozon ile muamele süreleri Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Ozonlama süreleri

Kumaş kodu	CO-90m-O3	CO-30m-O3	CV-60m-O3	CV-45m-O3
Kumaş kompozisyonu	% 100 CO	% 100 CO	% 100 CV	% 100 CV
Kumaş gramajı	115	80	115	80
Ozonlama süresi	90 dk	30 dk	60 dk	45 dk

4.4. Uygulanan Yöntemlerin Proses Maliyetleri

Proses maliyeti hesaplanırken 5 farklı maliyet unsuru göz önüne alınmıştır. Bunlar tüketilen su maliyeti, atık su maliyeti, enerji maliyeti, kimyasal maliyeti ve işçilik maliyetidir. Hesaplamalar yapılırken en az ozonlamanın yapıldığı 30 dakikalık ve en fazla ozonlamanın yapıldığı 90 dakikalık proses süreleri göz önüne alınarak konvansiyonel metot ile yeni yöntem arasındaki minimum ve maksimum farklar bulunmuştur. Çıkan maliyetler 2 kg'lık kumaşlar ile deneme yapıldığından 2 kg kumaş maliyetlerini yansıtmaktadır ki bu da deneme yapılan jet makinesinde 1 partiye tekabül etmektedir.

Çizelge 4.21'te gösterildiği üzere konvansiyonel yöntem ile ozon prosesinin su ve atık su maliyetleri arasında neredeyse %50 fark vardır. İşletme kuyu suyu kullandığından birim su maliyeti hesaplanırken suyu kuyudan çıkartmak için gerekli olan elektrik enerjisi dikkate alınmıştır. Atık su maliyetleri, işleme alınan kumaşın kendi ağırlığının 2 katı kadar, yani 4 kg suyu bünyesinde tuttuğu varsayılarak hesaplanmıştır. Birim atık su maliyeti arıtma tesisine gönderilen suya ödenen fiyattır.

Çizelge 4.21. Su ve atık su maliyetleri

	Su tüketimi, l	Birim su maliyeti, \$US/l	Toplam su maliyeti, \$US
Konvansiyonel yöntem	108	0,0000396	0,0043
Ozon prosesi	56	0,0000396	0,0022
	Atık su miktarı, l	Birim atık su maliyeti, \$US/l	Toplam atık su maliyeti, \$US
Konvansiyonel yöntem	104	0,0001	0,0104
Ozon prosesi	52	0,0001	0,0052

Enerji maliyetleri, hem makinelerin çalışırken tükettiği elektrik hem de ısıtma işlemi esnasında tüketilen elektrik göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Jet makinesinin gücü 9,1kW, ozon sisteminin (kompresör ve ozon jeneratörü) 20,67kW'tır.

Isı tüketimini hesaplarken gerekli olan kcal değeri enerji dönüşümü tablolarındaki değere göre kWh değerine çevrilmiştir. Buna göre 860kcal yaklaşık 1kWh'a eşdeğerdir. Ozon prosesi için 0 kcal olan enerji değeri, konvansiyonel proses için $Q = m \times c \times \Delta t$ formülüne göre hesaplanmıştır. Hem elektrik hem de ısı için elde edilen veriler Çizelge 4.22'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Enerji maliyetleri

	Elektrik tüketimi, kWh/parti	Birim elektrik maliyeti, \$US/kWh	Toplam elektrik maliyeti, \$US
Konvansiyonel yöntem	32,15	0,0466	1,4983
Ozon prosesi 30 dk	24,31	0,0466	1,1328
Ozon prosesi 90 dk	54,08	0,0466	2,5201
	Isı tüketimi, kW	Birim ısıtma maliyeti, \$US/kW	Toplam ısıtma maliyeti, \$US
Konvansiyonel yöntem	5,93	0,0466	0,2763
Ozon prosesi 30 dk	0	0	0
Ozon prosesi 90 dk	0	0	0

Ozon prosesinde herhangi bir ilave kimyasal kullanılmadığından kimyasal maliyeti 0'dır. Konvansiyonel yöntemde ise kullanılan kimyasalların miktarları birim maliyetleri ile çarpılarak maliyet elde edilmiş ve Çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Kimyasal maliyeti

	Toplam kimyasal maliyeti, \$US/parti	Kimyasal maliyeti, %
Konvansiyonel yöntem	1,3659	100
Ozon prosesi 30 dk	0	0
Ozon prosesi 90 dk	0	0

İşçilik maliyetleri proses süresine göre hesaplanmış ve Çizelge 4.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. İşçilik maliyeti

	İşçilik maliyeti, \$US/parti	İşçilik maliyeti, %
Konvansiyonel yöntem	21,20	100
Ozon prosesi 30 dk	4,90	23,1
Ozon prosesi 90 dk	10,90	51,41

Her iki proses için toplam proses süreleri ve bunların birbirine göre oranları Çizelge 4.25'de verilmiştir. Görüldüğü üzere ozon prosesinde işlem süresi neredeyse %50 daha azdır.

Çizelge 4.25. Proses süresi

	Proses süresi, dk	Proses süresi, %
Konvansiyonel yöntem	212	100
Ozon prosesi 30 dk	49	23,1
Ozon prosesi 90 dk	109	51,4

4.5. Uygulanan Yöntemlerin Çevresel Etki Değerlendirmesi

Uygulanan yeni prosesin çevresel etkisinin değerlendirilmesi için KOI (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ölçümleri yapılmıştır. Yapılacak ölçümler başarılı olarak sonuçlanan her kumaş tipinden birer örnek seçilerek gerçekleştirilmiştir. Seçilen örneklerin hem

ozonlama ile hem de konvansiyonel metot ile yapılan renk sökme işlemlerinden alınan su örneklerinin her kimyasallı işlem sonu KOI değerleri toplanarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.26’da gösterildiği üzere ozonlama ile KOI değerini %98 oranında düşürmek mümkündür.

Çizelge 4.26. Konvansiyonel yöntem ve ozonlama prosesi arasındaki KOI farkı

Kumaş kodu	Desen	KOI değerleri		Fark (%)
		Konvansiyonel	Ozonlama	
CO-90m-O3	P3	2965	268	91
CO-30m-O3	P5	2694	196	93
CV-60m-O3	P7	2830	198	93
CV-45m-O3	P13	2522	57	98

4.6. İşlem Sonrası Kumaşlardaki Hasar Tespiti

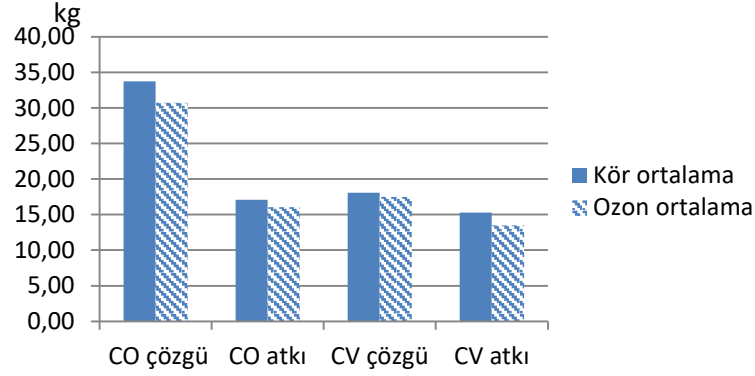
Ozonla muamele sonrası kumaşlarda meydana gelen kumaş hasarı ozon ile muamele edilmemiş, yalnızca oda sıcaklığında su ile işlem görmüş kör numuneler ile karşılaştırılmıştır. Kumaş hasar tespiti kopma mukavemet değerleri göz önüne alınarak yapılmıştır. Hem kör hem de ozon ile işlem görmüş kumaşlara dair kopma mukavemetleri Çizelge 4.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Kumaşlara ait kopma mukavemetleri

Kumaş türü	Desen	Proses	Standart ISO 13934-2:2014, kopma mukavemetleri (kg)	
			Çözgü yönü	Atkı yönü
CO-90m-O3	P1	Kör (90 dk oda sıcaklığında)	40,55	17,13
		90 dk ozon prosesi	38,42	21,29
CO-90m-O3	P2	Kör (90 dk oda sıcaklığında)	37,78	15,71
		90 dk ozon prosesi	35,06	19,77
CO-90m-O3	P3	Kör (90 dk oda sıcaklığında)	36,30	23,50
		90 dk ozon prosesi	30,78	17,67
CO-30m-O3	P4	Kör (30 dk oda sıcaklığında)	30,92	16,52
		30 dk ozon prosesi	25,03	12,21
CO-30m-O3	P5	Kör (30 dk oda sıcaklığında)	27,17	16,15
		30 dk ozon prosesi	25,94	11,99
CO-30m-O3	P6	Kör (30 dk oda sıcaklığında)	29,82	13,51
		30 dk ozon prosesi	29,08	13,37
CV-60m-O3	P7	Kör (60 dk oda sıcaklığında)	23,57	17,82
		60 dk ozon prosesi	19,30	16,82
CV-60m-O3	P8	Kör (60 dk oda sıcaklığında)	19,29	16,33
		60 dk ozon prosesi	22,30	12,80
CV-60m-O3	P9	Kör (60 dk oda sıcaklığında)	22,54	20,41
		60 dk ozon prosesi	25,31	17,92
CV-60m-O3	P10	Kör (60 dk oda sıcaklığında)	23,51	16,14
		60 dk ozon prosesi	19,83	14,69
CV-45m-O3	P11	Kör (45 dk oda sıcaklığında)	15,24	11,47
		45 dk ozon prosesi	11,93	10,89
CV-45m-O3	P12	Kör (45 dk oda sıcaklığında)	9,31	12,47
		45 dk ozon prosesi	12,05	11,71
CV-45m-O3	P13	Kör (45 dk oda sıcaklığında)	12,97	12,22
		45 dk ozon prosesi	11,50	9,43

Kopma mukavemetlerindeki değişimin daha anlaşılır olabilmesi adına pamuk ve viskon kalitelere, çözgü ve atkı yönündeki ortalama mukavemet düşüşleri hesaplanmıştır. Böylece kör numunelerle kıyaslandığında pamuklu kumaşlarda ozonla muamelenin kopma mukavemetini %7,5 düşürdüğü görülmüştür. Bu değer viskon kumaşlar için %7,6 olarak tespit edilmiştir. Hem pamuk hem de viskon kumaşa ait ortalama mukavemet düşüşleri Şekil4.4'te gösterilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki

kumaş tipi için de birbirine yakın ve kabul edilebilir mukavemet düşüşleri olduğu söylenebilir.



Şekil 4.4. Pamuk ve viskon dokuma kumaşlardaki ortalama kopma mukavemetleri

4.7. Renk Sökme İşlemi Yapılan Kumaşların Tekrar Kullanımı

Dijital baskı sonu kumaşlara uygulanan renk sökme işleminin başarılı olmasının yanında renk sökme yapılan kumaşlara tekrar baskı yapıldığında da aynı renklerin elde edilmesi beklenir. Aksi takdirde kumaş kalitesinin bozulduğu söylenebilir.

Renk sökümü yapılan kumaşta boya alımı ve renk verimliliği açısından bir farklılık olup olmadığının tespiti için kumaşlara tekrar dijital baskı yapılmış ve fikse, yıkama, kurutma aşamaları orijinal baskı yapılan kumaş ile beraber yürütülmüştür. İşlemler nihayetinde renk sökme işlemi yapıp basılan kumaşın renkleri ile orijinal kumaşın renkleri arasında bir farklılık olmadığı görülmüştür. Örnek olarak basılan kumaşlar Şekil 4.5'te yer almaktadır. 1. Baskı orijinal kumaşları, 2. Baskı renk sökme işlemi yapıp basılan kumaşları göstermektedir.



Şekil 4.5. Orijinal baskı ve renk sökümü sonu baskı sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇ

Çalışmanın birinci aşamasındaki deneysel çalışmalarda, boya/baskı işlemleri bitmiş; ancak hatalı boyanmış/basılmış kumaşların renk sökme işlemleri yapılmıştır. Yapılan çalışmanın başarısı konvansiyonel yöntemle karşılaştırılmış ve penetrasyon problemi nedeniyle yeterli renk sökümü sağlanamadığı görülmüştür. Penetrasyonu arttırmak amacıyla düşük pH, yüksek pH, yüksek sıcaklık, ıslatıcı ilavesi, reaktif boya egalizatörü ilavesi gibi çeşitli yöntemlerle ozon etkinliği ve penetrasyon arttırılmaya çalışılmış, ancak istenen başarı elde edilememiştir.

Yapılan çalışmaların ikinci aşamasında ise günümüzde giderek önemi artan ve yaygınlaşan dijital baskıda baskı sonu, fikse öncesi fark edilen hatalı kumaşların renk sökümünde ozon kullanımı amaçlanmıştır. Çalışmanın etkinliğini değerlendirmek amacıyla çalışma sonuçları konvansiyonel renk sökme yönteminde elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeye alınan sonuçlar beyazlık, kopma mukavemeti, kükürt varlığı, maliyet, çevresel etki ve tekrar kullanımdaki renk verimliliğidir.

Ozon proseslerinde dikkati çeken bir konu da farklı kumaşlardaki renk söküm sürelerinin kumaştan kumaşa farklılık göstermesidir. Süreler incelendiğinde hem viskon hem de pamuklu kumaşlarda düşük gramajın renk sökümünde bir avantaj olduğu görülmektedir. Pamuklu kumaşlarda tekrarlı renk sökme işlemleri sonunda yüksek gramajlı bezayağı yapısındaki kumaşların 90 dakikalık bir ozonlama periyodunda tamamen renksizleştiği görülürken, bu süre düşük gramajlı saten örgü kalitelerde 30 dakikaya kadar düşürülebilmektedir. Benzer şekilde viskon bez ayağı yüksek gramajlı kumaşlarda 60 dakika olan renksizleştirme, viskon bez ayağı düşük gramajlı kumaşlarda 45 dakikada yapılmıştır.

Beyazlık değerleri ve homojenlik incelendiğinde ozon prosesiyle tatmin edici sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Genel olarak ozonlama prosesi ile elde edilen beyazlık derecelerinin konvansiyonel yöntemle göre daha geride olduğu görülse de işletmede baskıya hazır kumaşların minimum beyazlık değerlerinden daha geride olmadığı düşünüldüğünde bunun bir problem olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca ozonlama ile renk giderimi yapılmış kumaşların bekledikçe sararma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Sararmanın derecesi kumaş üzerinde kalan ozon miktarı ile orantılı olmakla birlikte bu

sararmada selülozun yapısında bulunan aldehit gruplarının artışının da etkili olduğu söylenebilir.

Ozonlama prosesinin kumaş üzerinde kükürt varlığını giderip gidermediği üzerine yapılan incelemelerde viskon kumaşların baskıya hazır halinden, konvansiyonel renk sökme işlemi yapılmış kumaşlardan ve aynı kumaşın ozon prosesiyile renk sökme işlemi yapıldığı halinden parçalar analize gönderilmiş; baskıya hazır kumaşlar dahil hiçbir kumaşta kükürt tespit edilemediğinden yenilikçi yöntemin kükürt giderimi üzerine etkisi hakkında yorum yapılamamıştır.

Elbette geliştirilen yeni prosesin sanayiye uygulanabilir olması için proses maliyetinin konvansiyonel yöntemle göre avantaj sağlanması beklenmektedir. Tüm gider kalemleri tek tek hesaplandığında ozon ile muamele süresine bağlı olarak yenilikçi yaklaşımda proses başına toplamda %45 ila %75 maliyet azalması sağlandığı görülmüştür. Bu tasarruf doğrultusunda ozon prosesinde %48 daha az su tüketilirken, arıtma tesisine gönderilen atık su miktarı da %50 azalmaktadır. Ozonlama ile renk sökümü oda sıcaklığında ve herhangi bir kimyasal kullanılmadan gerçekleştirildiğinden ısıtma ve kimyasal maliyetleri sıfırdır. Ancak ozon jeneratörü gibi ilave ekipmanlar elektrik tüketimini arttırdığından 30 dk ila 90 dk arasında değişen ozonlama sürelerinde elektrik tüketimi konvansiyonel yöntemle göre %24 daha az veya %68 daha fazla olabilmektedir. Bir partinin toplam proses süreleri baz alınarak hesaplanan işçilik maliyetleri de yine ozonlama süresine bağlı olarak konvansiyonel renk sökme yöntemine göre minimum %49 maksimum %77 daha azdır. Bu oran toplam proses süresi için de geçerli olduğundan yenilikçi yöntem ile kapasite en az 2-4 kat artmaktadır.

Tekstil ve hazır giyim sanayinde dünyada artan çevre ve sağlık bilinci ile birlikte ürünlerin sağlık ve çevre açısından güvenilir olması müşteri gözünde bir farkındalık yaratmaktadır. Bu sebeple gerek kimyasal firmaları ürettikleri ürünlerle gerekse tekstil firmaları belirledikleri proseslerle ve reçetelerle çevreye verilen atık yükün azaltılması için uğraş vermektedir. Bu sebeple geliştirilen yeni proseslerin çevresel açıdan konvansiyonel yöntemle göre atık yüklerinin daha yüksek olmamasına dikkat edilmelidir. Tekstil sektöründe ozon ile daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında tümünde çevresel atık yüklerinin oldukça düştüğü görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da bu verileri doğrulamaktadır. Çalışma yapılan 4 farklı kumaş

kalitesinin her birinden hem ozon prosesi ile hem de konvansiyonel yöntemle yapılan renk sökme işlemlerinde çevresel etkiyi değerlendirmek için yapılan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) ölçümleri yapılmıştır. Sonuç itibariyle %91-98 oranında atık yükte azalma olduğu tespit edilmiştir.

Kopma mukavemetlerindeki değişimin daha anlaşılır olabilmesi adına pamuk ve viskon kalitelerde, çözgü ve atkı yönündeki ortalama mukavemet düşüşleri hesaplanmıştır. Böylece pamuklu kumaşlarda kör numunelerle kıyaslandığında ozonla muamelenin kopma mukavemetini %7,5 düşürdüğü görülmüştür. Bu değer viskon kumaşlar için %7,6 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki kumaş tipi için de birbirine yakın ve kabul edilebilir mukavemet düşüşleri olduğu söylenebilir.

Renk sökümü yapılan kumaşlar, ozon prosesinin renk alımı üzerine bir etkisinin olup olmadığının tespiti için tekrar aynı renk ve desende basılmış; renk sökme öncesi basılan kumaşla renkler arasında bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Akyurt, S. 2011.** Boyalı kumaşların soldurulmasında sodyum borhidrür kullanım şartlarının incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Albech, M., Ben-Bassat, A., Epstein, J.A., Lewin, M. 1965.** The yellowing of cotton cellulose (Part I). *Textile Research Journal*, 35: 836-843.
- Anonim, 2016a.** Ozonun keşfi ve tarihçesi. <http://www.airozon.com>-(Erişim Tarihi: 26.09.2016)
- Anonim, 2016b.** Textile standards catalogue. www.iso.org-(Erişim tarihi: 11.11.2016)
- Anonim, 2016c.** <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ozone#datasheet=lc§ion=InChI-Key>-(Erişim Tarihi: 26.09.2016)
- Anonim, 2016d.** Ozonun canlılar üzerindeki etkisi. <http://www.airozon.com/ozon-o3/ozonun-canlilar-uzerindeki-etkisi.htm>-(Erişim tarihi: 03.10.2016)
- Anonim, 2016e.** Ozon hakkında sık sorulan sorular. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/sss/ozon.pdf>-(Erişim tarihi: 03.10.2016)
- Anonim, 2016f.** Standart detayları. intweb.tse.org.tr-(Erişim tarihi: 30.09.2016)
- Anonim, 2016g.** Test cihazları. <https://www.james-heal.co.uk/en/instruments>-(Erişim tarihi: 04.11.2016)
- Balçı, O., Oğulata, R. 2007.** Investigation of the stripping process of the reactive dyes using organic sulphur reducing agents in alkali condition. *Fibers and Polymers*, 8(1): 25-36.
- Başer, İ. 2002.** Elyaf bilgisi. Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Birimi, İstanbul, Türkiye, 179 s.
- Başer, İ., İnanıcı, Y. 1990.** Boyarmadde Kimyası. Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Birimi, İstanbul, Türkiye, 216 s.
- Becerir, B. 2006.** Boyama teknolojisi. Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, Ders Notları, Bursa, 81 s.
- Bilinska, L., Gmurek, M., Ledakowicz, S. 2017.** Textile wastewater treatment by AOPs for brine reuse. *Process safety and environmental protection*, 2017(109): 420-428.
- Bozok, N. 2005.** Vinilsülfon ve flor grubu içeren reaktif boyarmadde sentezi ve metal kompleksleri. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Correia, V.M., Stephenson, T., Judd, S.J. 1994.** Characterisation of textile wastewaters. *Environmental Technology*, 15:917-929.
- Çoban, S. 1999.** Genel tekstil terbiyesi ve bitim işlemleri. E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, TÜRKİYE s.71-78.
- Dede, E. 2012.** Boyanmış pamuklu örme kumaşlarda yıkama renk haslıklarındaki değişiminin renk ölçümleri ile araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Ercan, Ö., Deniz, S., Yetimoğlu, E., Aydın, A. 2015.** Degradation of reactive dyes using advanced oxidation method. *Clean-soil, air, water*, 43(7): 1031-1036.
- Eren, H., Anış, P. 2006.** Tekstil boyama atık sularının ozonlama ile renk giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1): 83-91.
- Eren, H.A., Öztürk, D. 2011.** The evaluation of ozonation as an environmentally friendly alternative for cotton preparation. *Textile Research Journal*, 81(5): 512-519.

- Eren, S., Gümüş, B., Eren, H. A. 2016.** Colour stripping of reactive-dyed cotton by ozone treatment. *Coloration Technology*, 132: 466-471.
- Gündoğan, S., Eren, H. A. 2014.** Practical realisation of ozone clearing after disperse dyeing of polyester. *Coloration Technology*, 130: 357-362.
- Holkar, C. H., Jadhav, R. H., Pinjari, D. V., Mahamuni, N. M., Pandit, A.B. 2016.** A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches. *Journal of Environmental Management*, 2016 (182): 351-366.
- Iglesias, S.C. 2002.** Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2,4-Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Ozone. *Doktora Tezi*, Barselona Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Barselona.
- İçoğlu, H.İ. 2006.** Pamuklu dokunmuş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve uygulama yöntemlerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- İslam, M., Mahmud, S. 2015.** Study on different types of dyeing faults, causes and remedies of knit fabrics. *IJET*, 15(2): 6-15.
- İyizaman, Ö. 2014.** Dispers boyama atık suyunun ozonlama ile geri kazanımı ve tekrar kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Kanık, M. 2008.** Baskı teknolojisi. Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, Ders Notları, Bursa, 92 s.
- Kocaer, F. O., Alkan, U. 2002.** Boyarmadde içeren tekstil atık sularının arıtım alternatifleri. *UÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1): 47-55.
- Koçyiğit, H. 2008.** Tekstil atık sularındaki reaktif boyaların (reaktif mavi 19, reaktif kırmızı 198) ardışık kesikli reaktörlerle arıtılabilirliğinin incelenmesi. *Doktora Tezi*, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Kut, D. 2009.** Bitim işlemleri. Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, Ders Notları, Bursa, 165 s.
- Malek, R.M.A., Holme, I. 2003.** The effect of plasma treatment on some properties of cotton. *Iranian Polymer Journal*, 12: 271-280.
- Oğuz, E., Keskinler, B., Çelik, Z. 2005.** Ozonation of aqueous Bomaplex Red CR-L dye in a semi-batch reactor. *Dyes and Pigments*, 2005(2): 101-108.
- Özdemir, D., Duran K., Bahtiyari, İ. M., Perinçek, S., Körlü, A. E. 2008.** Ozone bleaching of denim fabrics. *AATCC Review*, 2008 (8): 40-44.
- Özdil, N., Özçelik, G. 2006.** Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 2006(3): 174-179.
- Özerdem, A. 2007.** Basılacak kumaş özelliklerinin, baskı boyasındaki çeşitli parametrelerin ve fiksaj yöntemlerinin baskı kalitesine ve verimine etkisi. *Doktora Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Özgüney, A.T., Özkaya, K., Özerdem, A. 2007.** Reaktif boyalı örgü kumaşların parça baskıdaki ısı işlemler sonrasında renk değiştirme eğilimlerinin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 2007(3): 192-199.
- Özgüney, A.T., Körlü, A., Bahtiyari, İ., Bahar, M. 2006.** Viskon liflerinin fiziksel özellikleri ve makromolekülerüstü yapısı. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 2006(2): 100-104.
- Özgürel, G., Öztürk, E., Ülger, Z., Birci, E., Akova, A., Şeker, D. 2011.** Bir yıkayıcı. Türk Patent Enstitüsü EP1989350B1 Yayın Nolu Patent, İstanbul.
- Öztürk, D., Eren, H.A. 2010.** Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. *UÜ Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 15(2): 37-51.

- Patil, N.N., Shukla, S.R. 2015.** Decolorization of reactive blue 171 dye using ozonation and UV/H₂O₂ and elucidation of the degradation mechanism. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34(6): 1652-1661.
- Paz, A., Carballo J., Perez, M.J., Dominguez, J.M. 2017.** Biological treatment of model dyes and textile wastewaters. *Chemosphere*, 2017(181): 168-177.
- Perinçek, S. 2006.** Ozon, UV, Ultrason teknolojileri ve kombinasyonlarının ön terbiye işlemlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması. *Yüksek lisans tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Perinçek, S., Bahtiyari, M.İ., Körlüb, A.E., Duran, K. 2008.** Ozone treatment of Angora rabbit fiber. *Journal of Cleaner Production*, 16(17): 1900-1906.
- Phillips, D.A.S. 2002.** The future of the textile dyestuff industry and its influence on the detergent industry: 5th World conference on detergents, Ed.: Arno Cahn, New York, USA, pp: 132-134.
- Sargunamani, D., Selvakumar, N. 2006.** A study on the effects of ozone treatment on the properties of raw and degummed mulberry silk fabrics, *Polymer Degradation and Stability*, 91(11): 2644–2653.
- Seidler, V., Linetskiy, I., Hubálková, H., Staňková, H., Šmucler, R., Mazánek J. 2008.** Ozone and its usage in general medicine and dentistry. *Prague Medical Report*, 109(1): 5-13.
- Seydim, Z. B., Greene, A.K., Seydim, A.C. 2004.** Use of ozone in the food industry. *LWT - Food Science and Technology*, 37(4): 453–460.
- Smith, W. 2011.** Principles of ozone generation. Watertec Engineering Pty Ltd., Australia.
- Tayyar, A.E. 2010.** Ev tekstillerinde kumaş özelliklerinin patlama mukavemetine etkileri. *PÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2):165-172.
- Uysal, P. 2010.** Ozonun polilaktik asit (PLA) liflerine etkisi ve PLA terbiyesinde ozon kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Yakartepe, M., Yakartepe, Z. 1998.** T.K.A.M. Genel Tekstil Terbiyesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayını, İstanbul, Cilt 16, s. 1627-1691.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hülya BAŞARAN KICIK
Doğum Yeri ve Tarihi : Kırcaali / 12.03.1987
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Erkek Lisesi 2005
Lisans : Uludağ Üniversitesi 2009
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi 2017

Çalıştığı Kurum : Akbaşlar Tekstil Enerji San ve Tic. A.Ş.

İletişim : hulyasal_n@hotmail.com

Yayınları :

KICIK, H., EREN, H.A. 2017. Application of ozone gas for the stripping of fabric inkjet-printed with reactive dyes, *Coloration Technology*, DOI: 10.1111/cote.12302