

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

**SELÜLOZ ESASLI TEKSTİL MATERYALLERİ İÇİN
ÇEVRE DOSTU TERBİYE PROSESLERİNİN
OLUŞTURULMASI: YEŞİL FABRİKA
(Doktora Tezi)**

**Hazırlayan
Hüseyin BENLİ**

**Danışman
Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ**

**Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doktora Tezi**

**Ocak 2015
KAYSERİ**

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

**TEZİN ADI
SELÜLOZ ESASLI TEKSTİL MATERYALLERİ İÇİN
ÇEVRE DOSTU TERBİYE PROSESLERİNİN
OLUŞTURULMASI: YEŞİL FABRİKA
(Doktora Tezi)**

**Tezi Hazırlayan
Hüseyin BENLİ**

**Danışman
Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FDK-2014-5156 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ocak 2015
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hüseyin BENLİ

İmza:



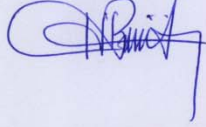
YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Selüloz Esaslı Tekstil Materyalleri İçin Çevre Dostu Terbiye Proseslerinin Oluşturulması: Yeşil fabrika” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Ad Soyad İmza

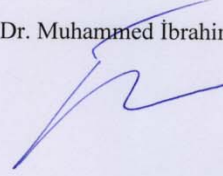
Hüseyin BENLİ



Danışman

Ad Soyad İmza

Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ



Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK



Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ danışmanlığında **Hüseyin BENLİ** tarafından hazırlanan “**Selüloz Esaslı Tekstil Materyalleri İçin Çevre Dostu Terbiye Proseslerinin Oluşturulması: Yeşil Fabrika**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

08/01/2015

JÜRİ:

Başkan: : Prof. Dr. Kerim DURAN
 Üye : Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK
 Üye : Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ
 Üye : Doç. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY
 Üye : Yrd. Doç. Dr. Asım DAVULCU

(Handwritten signatures of the jury members)

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 20/01/2015 tarih ve 2015/03.04. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(Handwritten signature and date 20.01.2015)
 Prof. Dr. Kazım KEŞLIOĞLU
 Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/ TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi ve çalışmasının yürütülmesi sırasında bilgi birikimi ve tecrübelerinden faydalanma imkânı bulduğum, denemelerin yönlendirilmesi, tezin düzenlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi sırasında bana yol gösteren ve destek olan çalışma ahlâkı ve disipliniyle kendime örnek edindiğim, danışmanım hocam Sayın Doç. Dr. Muhammed İbrahim Bahtiyari'ye öncelikle teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımda kullanmış olduğum sertifikalı pamuklu dokuma kumaşların temin ve üretilmesinde desteklerini esirgemeyen başta Kipaş Holding A.Ş.'ye, sağlamış oldukları kimyasal maddelerden dolayı Muhlenchemie ve Rudolf Duraner firma yetkililerine ve ayrıca destek veren tüm firma ve yetkililerine teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde yer alan ve yaptığım çalışmaları değerli zamanlarını ayırarak takip eden ve değerlendiren hocalarım Sayın Doç. Dr. Hüseyin Gazi Türksoy ve Yrd. Doç. Dr. Asım Davulcu'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FDK-2014-5156) teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan ve desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen çok kıymetli Anne ve Babama, bedenlen zaman zaman uzak kaldığım fikir ve görüşlerine her zaman saygı duyduğum ve güvendiğim hayat arkadaşım, can yoldaşım, eşim Meral'e; ihtiyaç duyduklarında yanlarında çoğu zaman olamadığım kızlarım Ceren ve Ayşenur'a sevgi, hoşgörü ve desteklerinden dolayı minnettarım.

Hüseyin BENLİ

Kayseri, Ocak 2015

SELÜLOZ ESASLI TEKSTİL MATERYALLERİ İÇİN ÇEVRE DOSTU TERBİYE PROSESLERİNİN OLUŞTURULMASI: YEŞİL FABRİKA

Hüseyin BENLİ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi, Ocak 2015

Danışman: Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ

ÖZET

Selüloz esaslı tekstil lifleri en popüler liflerden biridir ve Dünyada büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma ve mercerizasyon gibi pamuklu kumaşların geleneksel ön terbiye proseslerinde yoğun miktarda enerji, su ve kimyasal madde tüketimi söz konusudur. Bu nedenle, geleneksel ön terbiye proseslerinin yerine, alternatif çevre dostu metotların geliştirilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, selülozik elyaflar içinde büyük bir paya sahip olan pamuk elyafı için alternatif terbiye proseslerini tespit edebilmektir. Bu amaçla, terbiye prosesleri için enzimler, ultrasonik enerji, ozon gazı ve doğal boyalar kullanılarak “yeşil fabrika” olarak adlandırılacak olan yeşil bir terbiye hattı sunarak, kumaşın tek bir banyo içerisinde ön terbiye işlemlerinin tamamının yapılabilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada; pamuklu kumaşların terbiyesinde çeşitli enzimler kullanılarak ön terbiye işlemleri yapılmış, sonra ultrasonik enerjinin etkileri incelenmiş, optimize edilen enzim-ultrason kombinasyonlu bitim işlemleri sonrasında kumaşlar aynı banyo içerisinde ayrı ayrı nar kabuğu, fındikkabuğu, portakal ağacı yaprağı ve havacıva bitkisi kullanılarak boyanmıştır. Yoğun bir şekilde enerji ve kimyasal madde kullanılarak yapılan geleneksel ön terbiye işlemlerinin yerine, ozon-ultrason kombinasyonu ile ön terbiye işlemlerinin deneme çalışmaları da yapılmış, sonra bu kumaşlar ilgili bitkisel esaslı doğal boyalar ile renklendirilmiştir. Aynı zamanda farklı kimyasal ve sistemlerin kombinasyonları da bu çalışmalar kapsamında analiz edilmiştir. Sonuç olarak, pamuklu kumaşların geleneksel terbiye metotları yerine alternatif ekolojik metotların başarılı bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, enzim, ozon, ultrason, doğal boya, yeşil fabrika.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TREATMENT PROCESSES FOR CELLULOSE BASED TEXTILE MATERIALS: GREEN FACTORY

Hüseyin BENLİ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Ph Doctoral Thesis, January 2015

Supervisor: Assoc. Prof. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ

ABSTRACT

The cellulose based textile fibers is the most popular fibers and have a great economic importance in the world. Conventional pretreatment processes such as desizing, scouring, bleaching and mercerization consume enormous amounts of energy, water and chemicals. In this respect, instead of conventional pretreatment processes, studies on environmentally friendly methods are of great importance.

The aim of this study is to obtain an alternative finishing process for cotton fibers which has a great portion in cellulosic fibers consumption. For this purpose, enzymes, ultrasonic energy, ozone gas and natural dyes were used for treatment processes to introduce a green process line and to shape a “green factory”. This study was also aimed to carry out the whole fabric pretreatment process in a single bath.

Ultrasonic cavitation was tested to show its effect on enzyme-based finishing of cotton fabrics. After optimization of the enzyme-based ultrasound-aided finishing, the fabrics were also colored in the same bath using natural dyes of pomegranate peel, nutshells, orange tree leaf, and alkanet root. The fabrics were pretreated with ozone and ultrasound combination instead of conventional energy intensive and chemical based finishing processes and the coloration of the pretreated fabrics were conducted by the use of plant based natural dyes. Addition to these applications different combinations of tested chemicals and systems were also analyzed too. Finally, it was found that instead of conventional finishing of cotton fabrics, alternative ecologic methods can be used successfully.

Keywords: Cotton, enzyme, ozone, ultrasound, natural dye, green factory

İÇİNDEKİLER

SELÜLOZ ESASLI TEKSTİL MATERYALLERİ İÇİN ÇEVRE DOSTU TERBİYE PROSESLERİNİN OLUŞTURULMASI: YEŞİL FABRİKA

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	iv
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	v
KABUL VE ONAY SAYFASI	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMA VE SİMGELER	xv
TABLolar LİSTESİ	xvii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xxv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Pamuk Liflerinin Yapısı ve Özellikleri	4
1.1.1. Organik/Sertifikalı Pamuk	6
1.2. Pamuklu Kumaşlara Yapılan Geleneksel Ön Terbiye İşlemleri	8
1.2.1. Yakma/Makaslama	8
1.2.2. Haşıl Sökme	8
1.2.3. Pişirme (Hidrofilleştirme)	9
1.2.4. Ağartma (Kasar)	9
1.2.5. Merserizasyon	9
1.3. Çevre Dostu Ön Terbiye Yöntemleri	9
1.3.1. Enzimatik Prosesler	9

1.3.1.1. <i>Amilaz</i> Enzimleri	11
1.3.1.2. <i>Pektinaz</i> Enzimleri	12
1.3.1.3. <i>Glikozoksidaz</i> Enzimleri	12
1.3.2. Ultrason/Ultrasonik Prosesler	19
1.3.3. Ozon/Ozonizasyon Prosesleri	24
1.4. Boya Bitkileri/Doğal Boyamacılık	31
1.4.1. Sentetik boyalar	31
1.4.2. Doğal boyalar	33
1.4.2.1. Doğal boyaların avantaj ve dezavantajları	35
1.4.2.2. Doğal boyaların sınıflandırılması	37
1.4.2.3. Mordan Maddesi ve Mordanlama Yöntemi	40
1.4.2.4. Nar Kabuğu (<i>Punica granatum L.</i>)	41
1.4.2.5. Fındıkkabuğu (<i>Corylus avellana L.</i>)	43
1.4.2.6. Portakal Ağacı Yaprağı (<i>Citrus sinensis L.</i>)	46
1.4.2.7. Havacıva (<i>Alkanna tinctoria L.</i>)	47

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kullanılan Materyaller ve Cihazlar	51
2.1.1. Kimyasallar-Yardımcı maddeler, Enzimler ve Boyarmaddeler...	51
2.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaş ve Özellikleri	53
2.1.3. Cihaz ve Makineler	53
2.2. Yöntem	55
2.2.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi	56
2.2.1.1. Doğal Boya-Ozon Kombinasyonu	58
2.2.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri	59
2.2.2.1. Ultrasonik Enerjinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisinin Araştırılması	62
2.2.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Kullanımının Araştırılması	63
2.2.2.3. Ozon Gazının Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisinin Araştırılması	70

2.3. Değerlendirmede Kullanılan Deney ve Test Metotları	77
2.3.1. Beyazlık Derecesi Tayini	77
2.3.2. Hidrofilite Tayini	78
2.3.3. Nişasta Haşıl Tayini (Tegewa Skalası)	78
2.3.4. Yüzde Ağırlık Kaybı Tayini	78
2.3.5. Hidrojen Peroksit Tayini	79
2.3.6. Doğal Boyalarla Boyanabilirlik ve Renk Verimliliği (K/S) Tayini	79
2.3.7. Renk Haslık Testleri	81
2.3.8. Antibakteriyel Özellik Tayini	81
2.3.9. Kir İticilik Tayini	81
2.3.10. Parlaklık Tayini	82
2.3.11. Boya Çözeltisi Ölçümleri (Spektrofotometre)	82

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi	83
3.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri	107
3.2.1. Ultrasonik Enerjinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi	107
3.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi	113
3.2.2.1. Enzimatik Ön Terbiye Metotları	113
3.2.2.2. Enzimatik Haşıl Sökme-Ultrason Kombinasyonu	113
3.2.2.2.1. <i>α-Amilaz</i> Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu...	113
3.2.2.2.2. <i>Glikoamilaz</i> Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu	113
3.2.2.2.3. <i>Pektinaz</i> Enzim Denemeleri	119
3.2.2.2.4. <i>Pektinaz - Glikoamilaz</i> Enzimi ve Ultrason	
Kombinasyonu	121
3.2.2.2.5. <i>Pektinaz-Glikoamilaz-Glikozoksidaz</i> Enzimi ve	
Ultrason Kombinasyonu	124
3.2.2.2.6. Optimize Enzimatik Ön Terbiye Sonrası Doğal	
Boyalarla Renklendirme	131
3.2.3. Ozon Gazının Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi	133
3.2.3.1. Ozon Gazı Optimizasyonu-Doğal Boya Kombinasyonu...	136

3.2.3.2. Çeşitli kimyasallar ile Ozon gazının Kombinasyonu	138
3.2.3.3. Ozon Gazı-Ultrason Kombinasyonu	151

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi	155
4.1.1. Doğal Boya Çözeltilerinin Spektrofotometrik Ölçümleri	177
4.1.2. Atık Ozon Gazının Atık Boya Banyosu Rengine Etkisi	180
4.1.3. Doğal Boyaların Antibakteriyel Özellikleri	182
4.1.4. Kir İticilik Tayini	183
4.1.5. Doğal Boyalı Numunelerin Parlaklık Analizi	183
4.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri	185
4.2.1. Ultrason Enerjisinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi	185
4.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Kullanımı	191
4.2.2.1. α -Amilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu	193
4.2.2.2. Glikoamilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu	196
4.2.2.3. Pektinaz Enzim Denemeleri	200
4.2.2.4. Glikoamilaz-Pektinaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu	202
4.2.2.5. Glikoamilaz –Pektinaz -Glikozoksidaz Enzimi ve Ultrason	
Kombinasyonu	204
4.2.3. Ozon Gazının Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi	213
4.2.3.1. Ozon Gazı - Doğal Boya Kombinasyonu	217
4.2.3.2. Çeşitli kimyasallar ile Ozon gazının Kombinasyonu	219
4.2.3.2.1. Ozon Gazı-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu ...	219
4.2.3.2.2. Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-	
Hidrojen Peroksit Kombinasyonu	225
4.2.3.2.3. Ozon Gazı-Sodyum Persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)	
Kombinasyonu	228
4.2.3.2.4. Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	
Kombinasyonu	229
4.2.3.3. Ozon gazı-Ultrason Kombinasyonu	232

KAYNAKLAR	245
ÖZGEÇMİŞ	263

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>
ASTM	Amerikan tekstil materyalleri topluluğu
ΔE	CIE LAB Renk farkı
K/S	Renk verimi
L^*	Açıklık-Koyuluk eksen
a^*	Kırmızı-Yeşil eksen
b^*	Sarı-mavi eksen
C^*	Doygunluk
h°	Renk cinsi
BCI	İyi pamuk birliği
EC	Enzim komisyonu
K	Kasar işlemi görmüş pamuklu dokuma kumaş
KM	Kasar ve merserize işlemi görmüş pamuklu dokuma kumaş
HT	Yüksek sıcaklık
$^\circ dH$	Alman su sertlik derecesi
$^\circ Be'$	NaOH çözeltisinin konsantrasyon birimi
'	Dakikanın kısaltması
'	Saniyenin kısaltması
pH	Ortamin asitlik veya baziklik ölçüsü ($-\log[H^+]$)
s	Saniye
N	Newton
FT-IR	Fourier Transform Infrared
NK	Nar kabuğu
FK	Fındıkkabuğu
PAY	Portakal ağacı yaprağı
HC	Havacıva bitkisi
SEM	Taramalı elektron mikroskopu
ISO	Uluslararası standart organizasyonu
GOx	<i>Glikozoksidaz</i> enzimi
mL	Mililitre
UV	Ultraviyole

°C	Santigrat derece
m	Metre
mm	Milimetre
L	Litre
cm	Santimetre
mg	Miligram
Kg	Kilogram
L	Lekeleme
R	Renk değişimi
A	Asidik çözelti
B	Bazik çözelti
K	Kuru sürtme
Y	Yaş sürtme
GU	Parlaklık birimi (Gloss Units)
CI	Renk indeksi (Color Index)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1.	Pamuğun Bileşimi	5
Tablo 1. 2.	Klasik pamuk ile organik pamuk arasındaki farklar	7
Tablo 1. 3.	Pamuğun ön terbiyesinde uygulanan bazı enzimler	11
Tablo 1. 4.	Seçilmiş bazı oksitleyici maddelerin oksidasyon güçlerinin karşılaştırması	25
Tablo 1. 5.	Ozonun farklı sıcaklıklardaki sudaki çözünürlüğü	28
Tablo 1. 6.	Doğal boyaların CI ve renk dağılımı	37
Tablo 1. 7.	Farklı bitki ve kısımlarından elde edilen boyarmaddeler	38
Tablo 1. 8.	Fındık yan ürünlerinde bulunan fenolik asitler (μg fenol/g ekstrakte)	46
Tablo 2. 1.	Denemelerde kullanılan sertifikalı ham pamuklu dokuma kumaş özellikleri	53
Tablo 2. 2.	Nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşlara uygulanan geleneksel ön terbiye reçetesi ve prosesi	56
Tablo 2. 3.	Geleneksel doğal boyama reçetesi	57
Tablo 2. 4.	Pamuğun çektirme metoduna göre geleneksel enzimatik haşıl sökme reçetesi	64
Tablo 2. 5.	Ozon gazı ile hidrojen peroksit kombinasyonu ile yapılan denemeler	73
Tablo 2. 6.	Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen Peroksit kombinasyonu ile yapılan denemeler	74
Tablo 2. 7.	Ozon Gazı-Ultrasonik yıkama kombinasyonu için uygulanan deney planı	77
Tablo 3. 1.	Nişasta haşıl esaslı kumaşlara uygulanan geleneksel ön terbiye prosesi sonucu meydana gelen değişimler	83
Tablo 3. 2.	Geleneksel yöntemler ile pamuklu kumaşların doğal boyarmaddelerle ve mordanlı/mordansız kullanılarak boyanmış numune renkleri	84
Tablo 3. 3.	Pamuklu kumaşın doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanması sonucu elde edilen numunelerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	85

Tablo 3. 4.	Pamuklu doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanmış numunelerinin haslık test sonuçları	86
Tablo 3. 5.	Pamuklu kumaşın haşıl sökme-piştirme/haşıl sökme-piştirme-ağartma sonrasında doğal boya ekstraktesi ile boyanmasından elde edilen renkler	87
Tablo 3. 6.	Pamuklu kumaşın haşıl sökme-piştirme/haşıl sökme-piştirme-ağartma sonrasında doğal boya ekstraktesi ile boyanmasından elde edilen renklerin haslık test sonuçları	88
Tablo 3. 7.	Pamuklu kumaşın Haşıl sökme-Hidrofilleştirme-Ağartma-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	88
Tablo 3. 8.	Havacıva bitkisi ile boyanmış pamuğun farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları	90
Tablo 3. 9.	Nar kabuğu ile boyanmış pamuğun farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları	91
Tablo 3. 10.	Fındıkkabuğu ile boyanmış pamuğun farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları	92
Tablo 3. 11.	Portakal ağacı yaprağı ile boyanmış pamuğun farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları	93
Tablo 3. 12.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri. (Havacıva)	94
Tablo 3. 13.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri. (Nar kabuğu)	95
Tablo 3. 14.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri (Fındıkkabuğu)	96
Tablo 3. 15.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri. (Portakal ağacı yaprağı)	97
Tablo 3. 16.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları. (Havacıva)	98

Tablo 3. 17.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları. (Nar kabuğu)	99
Tablo 3. 18.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları. (Fındıkkabuğu) ...	100
Tablo 3. 19.	Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları. (Portakal ağacı yaprağı)	101
Tablo 3. 20.	Ön terbiyesi yapılmış ve farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmış deney numunelerinin antibakteriyel test sonuçları (Mordansız)	104
Tablo 3. 21.	Ön terbiyesi tamamlanan kumaşın dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmasından sonra kumaşlara yapılan leke test sonuçları	105
Tablo 3. 22.	Boyalı kumaş numunelerinin parlaklık değerleri karşılaştırması (GU)	106
Tablo 3. 23.	Yalnızca su kullanılarak pH=2’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana hasıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	108
Tablo 3. 24.	Yalnızca su kullanılarak pH=4,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana hasıl sökme derecesi, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	109
Tablo 3. 25.	Yalnızca su kullanılarak pH=7’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana hasıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	110
Tablo 3. 26.	Yalnızca su kullanılarak pH=9,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda	111

	meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	
Tablo 3. 27.	Yalnızca su kullanılarak pH=12'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	112
Tablo 3. 28.	Geleneksel enzimatik ön terbiye işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu	113
Tablo 3. 29.	pH=2'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	114
Tablo 3. 30.	pH=4,5'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	114
Tablo 3. 31.	pH=7'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	115
Tablo 3. 32.	pH=9,5'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	115
Tablo 3. 33.	pH=12'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	116
Tablo 3. 34.	pH=2'de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ <i>glukoamilaz</i> enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve	116

	süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	
Tablo 3. 35.	pH=4,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ <i>glikoamilaz</i> enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	117
Tablo 3. 36.	pH=7’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ <i>glikoamilaz</i> enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	117
Tablo 3. 37.	pH=9,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ <i>glikoamilaz</i> enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu	118
Tablo 3. 38.	pH=12’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ <i>glikoamilaz</i> enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % kayıp oranları karşılaştırma tablosu	118
Tablo 3. 39.	Haşılı sökülmiş kumaşların %1 <i>pektinaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları	119
Tablo 3. 40.	Haşılı sökülmiş kumaşların %3 <i>pektinaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları	120
Tablo 3. 41.	Haşılı sökülmiş kumaşların %5 <i>pektinaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları	121
Tablo 3. 42.	%1 <i>pektinaz</i> ve %1 <i>glikoamilaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	122
Tablo 3. 43.	%3 <i>pektinaz</i> , %1 <i>glikoamilaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	123
Tablo 3. 44.	%5 <i>pektinaz</i> ve %1 <i>glikoamilaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	124
Tablo 3. 45.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %1 <i>pektinaz</i> ve %1 <i>glukozoksidaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	125

Tablo 3. 46.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %3 <i>pektinaz</i> ve %1 <i>glikozoksidaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	126
Tablo 3. 47.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %5 <i>pektinaz</i> ve %1 <i>glikozoksidaz</i> enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	127
Tablo 3. 48.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %5 <i>pektinaz</i> ve %5 <i>glikozoksidaz</i> enzimi ile pH=7’de ve farklı sürelerde yapılan deneme sonuçları	128
Tablo 3. 49.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %5 <i>pektinaz</i> ve %5 <i>glikozoksidaz</i> enzimleri tek banyo çalışma süresince ultrasonik banyodaki pH değişimi	129
Tablo 3. 50.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %5 <i>pektinaz</i> ve %5 <i>glikozoksidaz</i> enzimi ile pH=12’de ve farklı sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları	130
Tablo 3. 51.	Enzimatik ön terbiye işlemi sonunda ultrasonik banyo kullanılarak ve kullanılmadan doğal boyarmadde kaynakları ile boyanan kumaşların renkleri	132
Tablo 3. 52.	Pamuklu kumaşların enzim ve Enzim-Ultrason-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	132
Tablo 3. 53.	Enzim-Ultrason-Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları	133
Tablo 3. 54.	Pamuklu kumaşın ozon gazı uygulaması sonrası hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve haşıl sökme oranları. Banyo pH=7. Ozon gazı uygulama süresi: 15 dakika	134
Tablo 3. 55.	Pamuklu kumaşın ozon gazı uygulaması sonrası hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve haşıl sökme oranları. Banyo pH=7. Ozon gazı uygulama süresi: 60 dakika	135
Tablo 3. 56.	Pamuklu kumaşların Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renkleri	136
Tablo 3. 1.	Pamuklu kumaşların Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	137

Tablo 3. 58.	Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin haslık test sonuçları	138
Tablo 3. 2.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH=7)	139
Tablo 3. 3.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH=11,5)	140
Tablo 3. 4.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH= 14)	141
Tablo 3. 5.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH=7)	142
Tablo 3. 6.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ (+ ıslatıcı) ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH= 7)	144
Tablo 3. 7.	Pamuklu kumaşlara H ₂ O ₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH=7)	147
Tablo 3. 8.	Dokuma pamuklu kumaşların Ozon-Hidrojen Peroksit-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	145
Tablo 3. 9.	Ozon-Hidrojen Peroksit-Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları	145
Tablo 3. 10.	Ozon Gazı-Bakır Sülfat (CuSO ₄ .5H ₂ O)-Hidrojen peroksit kombinasyonu	147
Tablo 3. 11.	Pamuklu kumaşların Ozon-Bakır Sülfat-H ₂ O ₂ -Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	148
Tablo 3. 12.	Ozon-Bakır Sülfat-H ₂ O ₂ -Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları	148
Tablo 3. 13.	Ozon Gazı-Sodyum Persülfat (Na ₂ S ₂ O ₈) Kombinasyonu	149

Tablo 3. 14.	Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kombinasyonu	150
Tablo 3. 15.	Pamuklu kumaşın Ozon-Sodyum Perborat-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	150
Tablo 3. 16.	Pamuklu kumaşın Ozon-Sodyum Perborat-Doğal Boya kombinasyonu sonucu haslık test sonuçları	151
Tablo 3. 17.	Pamuklu kumaşın Ozon Gazı-Ultrason kombinasyonu sonuçları	152
Tablo 3. 18.	Pamuklu kumaşın Ozon-Ultrason Yıkama-Doğal boya kombinasyonu ile pasajlı uygulama sonunda elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri	153
Tablo 3. 19.	Pamuklu kumaşın Ozon-Ultrason-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renklerinin haslık değerleri	154
Tablo 4. 1.	Haşıl sökme işleminde nişasta haşılının değerlendirilmesi	157
Tablo 4. 2.	Ön terbiye işlemi görmüş pamuklu kumaşların ağartma sonundaki beyazlık derecesi	157
Tablo 4. 3.	Ön terbiye işleminin su emme yeteneğini ile test edilmesi	158
Tablo 4. 4.	Açıya bağlı parlaklık aralıkları	184
Tablo 4. 5.	Ultrason- α -amilaz/glikoamilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda optimum çalışma parametreleri	200
Tablo 4. 6.	Öneri 1: Enzim/Enzim-Ultrason-Doğal Boya Kombinasyonu ...	212
Tablo 4. 7.	Öneri 2: Nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaş için önerilen ozon gazı ön terbiye proses parametreleri. Ozonizasyon	218
Tablo 4. 8.	Öneri 3: Ozon- Hidrojen Peroksit-Doğal Boya Kombinasyonu	224
Tablo 4. 9.	Öneri 4: Ozon-Bakır Sülfat-Hidrojen Peroksit-Doğal Boya Kombinasyonu	227
Tablo 4. 10.	Öneri 5: Ozon-Sodyum Persülfat-Hidrojen Peroksit	229
Tablo 4. 11.	Öneri 6: Ozon-Sodyum Perborat-Doğal Boya Kombinasyonu ...	231
Tablo 4. 12.	Öneri 7: Ozon-Ultrason-Doğal Boya Kombinasyonu	239

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1.	Selülozun kimyasal yapısı. β -D-Glikoz	4
Şekil 1. 2.	Pamuk lifinin Morfolojik Yapısı	5
Şekil 1. 3.	Tipik bir enzimin 3 boyutlu X-ray kristalografik yapısı	10
Şekil 1. 4.	Glikoz mevcudiyetinde <i>glikozoksidazın</i> reaksiyon şeması	13
Şekil 1. 5.	Ses dalgalarının frekansları ve genel uygulama alanları	19
Şekil 1. 6.	Kavitasyon baloncuğunun oluşumu	20
Şekil 1. 7.	Kavitasyon olayının etkisi	21
Şekil 1. 8.	Ozon Gazının Molekül Yapısı	24
Şekil 1. 9.	Corona Discharge yöntemine göre ozon gazı üretimi şeması	26
Şekil 1. 10.	Corona Discharge metoduna göre ozon üreten tipik bir Ozon jeneratörü şeması	27
Şekil 1. 11.	Ozonun oluşum şeması	27
Şekil 1. 12.	Selüloz liflerinin boyanmasında kullanılan boyarmaddeler	32
Şekil 1. 13.	Boyarmaddenin metal üzerinden (a) yüne, (b) pamuğa bağlanması	34
Şekil 1. 14.	Nar meyvesi, kurutulmuş kabuğu ve bünyesinde bulunan bazı kimyasal yapılar	42
Şekil 1. 15.	Fındık ağacı, meyvesi, kabukları ve bünyesinde bulunan bazı kimyasal yapılar	44
Şekil 1. 16.	Fındığın ve yapraklarının yapısında bulunan bazı fenolik bileşiklerin kimyasal yapısı	45
Şekil 1. 17.	Fındığın atıklarında bulunan kimyasal yapılar	46
Şekil 1. 18.	Portakal ağacı, yaprağı ve bünyesinde bulunan bazı kimyasal yapılar	47
Şekil 1. 19.	Havacıva bitkisi, kökü ve bazı kimyasal yapıları	48
Şekil 2. 1.	Ozon Gazı-Boya kombinasyonu uygulama planı	58
Şekil 2. 2.	Yeşil terbiye proses hattı genel çalışma planı	61
Şekil 2. 3.	pH, süre ve sıcaklık gibi 3 farklı faktörün incelendiği ultrasonik denemeler	63
Şekil 2. 4.	<i>Pektinaz</i> enziminin pamuklu kumaş üzerindeki optimizasyon çalışma grafiği	65

Şekil 2. 5.	Pamuklu kumaşın <i>pektinaz-glikoamilaz/pektinaz-glikoamilaz-glikozoksidaz</i> enzimleri ile ultrasonik banyodaki kombinasyon çalışma grafiği	66
Şekil 2. 6.	%1 <i>glikoamilaz</i> , %5 <i>pektinaz</i> ve %5 <i>glikozoksidaz</i> enzimleri ile tek banyoda çalışma süresince banyodaki pH değişiminin araştırılması	67
Şekil 2. 7.	Ultrasonik banyo ve kumaş hareketi	68
Şekil 2. 8.	Pamuklu kumaşın enzimatik ön terbiye işlemleri çalışma grafiği	69
Şekil 2. 9.	Tek bir ultrasonik banyoda içinde pamuğun enzimatik ön terbiyesi ve doğal boyalar ile boyanması	69
Şekil 2. 10.	Ozon gazının pamuklu kumaşlara uygulama yöntemi	70
Şekil 2. 11.	Pamuklu kumaşlara yapılacak ozon gazı uygulamasına ait çalışma planı	71
Şekil 2. 12.	Nişasta esaslı haşıl maddesinin kumaş üzerindeki kalan miktarının tespit edilmesinde kullanılan Tegewa skalası	78
Şekil 2. 13.	Bitkilerden boyarmadde ekstraktelerinin elde edildiği ekstraksiyon düzeneği	79
Şekil 2. 14.	HT Boyama makinasında boyama prosesi	80
Şekil 3. 1.	Havacıva bitkisi ile boyama işlemleri gerçekleştikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri...	102
Şekil 3. 2.	Portakal ağacı yaprağı ile boyama işlemleri gerçekleştikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri	102
Şekil 3. 3.	Fındıkkabuğu ile boyama işlemleri gerçekleştikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri ..	103
Şekil 3. 4.	Nar kabuğu ile boyama işlemleri gerçekleştikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri ..	103
Şekil 3. 5.	Ham ve ön terbiye işlemi görmüş kumaşların SEM görüntüleri	107
Şekil 3. 6.	Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile Geleneksel yöntemler ile yapılan ön terbiyesi yapılmış kumaşların FTIR spektrumları	155
Şekil 4. 1.	Geleneksel ön terbiye işlemi sonunda kumaşta meydana gelen değişimler	156
Şekil 4. 2.	Ham ve ön terbiye işlemi görmüş kumaşların SEM görüntüleri	160

Şekil 4. 3.	Farklı mordan ve doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanmış numunelerin K/S karşılaştırmaları	162
Şekil 4. 4.	Havacıva ile boyalı kumaşların K/S değerleri karşılaştırması	170
Şekil 4. 5.	Nar kabuğu ile boyalı kumaşların K/S değerleri karşılaştırması	172
Şekil 4. 6.	Fındıkkabuğu ile boyanan kumaşın K/S değerleri karşılaştırması	173
Şekil 4. 7.	Portakal ağacı yaprağı ile boyanan kumaşın K/S değerleri karşılaştırması	175
Şekil 4. 8.	Denemede kullanılan doğal boyaların sulu çözelti spektrumları (1:1)	178
Şekil 4. 9.	Denemede kullanılan doğal boyaların sulu çözelti spektrumları (1:10)	179
Şekil 4. 10.	Farklı açılarda boyalı kumaşların parlaklık karşılaştırma eğrileri	185
Şekil 4. 11.	pH= 2’de ultrasonlu/ultrasonuz farklı sıcaklık ve süre sonundaki % ağırlık kaybı	186
Şekil 4. 12.	pH= 4,5’de ultrasonlu/ultrasonuz farklı sıcaklık ve süre sonundaki % ağırlık kaybı	187
Şekil 4. 13.	Beta-Glikozun parçalanması, glikozoksidaz enziminin etki mekanizması ve hidrojen peroksit üretim Şeması	204
Şekil 4. 14.	Enzimatik ön terbiye işlemi görmüş kumaşların SEM görüntüleri ...	209
Şekil 4. 15.	Enzimatik ön terbiye işlemi görmüş kumaşların FT-IR görüntüleri ..	210
Şekil 4. 16.	Farklı neme sahip kumaşların 15 ve 60 dakika ozon gazı uygulaması sonrasında meydana gelen beyazlık değişimi	214
Şekil 4. 17.	Farklı neme sahip kumaşların 15 ve 60 dakika ozon gazı uygulaması sonrasında meydana gelen mukavemet değişimi	215
Şekil 4. 18.	Kumaş üzerindeki suyun ozon gazı uygulamasıyla birlikte zamana bağlı değişim grafiği	216
Şekil 4. 19.	Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunda materyalde meydana gelen haşıl sökme değişim grafiği	232
Şekil 4. 20.	Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunda materyalde meydana gelen beyazlık değişim grafiği	233
Şekil 4. 21.	Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunda materyalde meydana gelen % ağırlık kaybı değişim grafiği	233
Şekil 4. 22.	Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunda materyalde meydana gelen mukavemet değişim grafiği	234

Şekil 4. 23.	Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile Geleneksel yöntemler ile yapılan ön terbiyesi yapılmış kumaşların FTIR spektrumları	236
Şekil 4. 24.	Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile Geleneksel yöntemler ile yapılan ön terbiyesi yapılmış kumaşların SEM spektrumları	238
Şekil 4. 25.	Ozon-Ultrason-Doğal Boya kombinasyonu. Çevre dostu üretim hattı.	240

GİRİŞ

Endüstri devrimi ile başlayan ve sonrasında gelişen sanayileşmeyle birlikte doğanın dengesi hızla bozulmaya başlamıştır. Sermaye odaklı bu üretim tekniği enerji kaynaklarının ve doğanın bilinçsizce kullanımı, dünyanın doğal dengesini geri dönüşüme el vermeyecek şekilde bozmuştur ve de bozmaya devam etmektedir. Özellikle 21.yy.'ın başlarında toplum ve çevreninde baskısıyla mal ve hizmet üreten firmalar çevre koruma adına arayışlar içine girmiştir. Tarım, gıda, makine, elektrik-elektronik, ev eşyaları gibi sektörler bunların başında gelmektedir. Tekstil sektörü ve tekstil ürünleri de bu sektörlerden biridir. Tekstil malzemelerini üreten ve tüketen çevre dostu insanlar da benzer kaygı ve endişe içindedirler.

Çevre dostu ürün arzını karşılayabilmek için tekstil fabrikaları şimdiye kadar çeşitli faaliyetler içinde bulunsalar da bu yeterli olmayıp, çalışmalar daha çok çevreyi kirletmeyen atık yönetimi, atıkların temizlenmesi ve çevre dostu enerji kaynaklarını kullanmak olarak algılanmış ve çalışılmış, ancak genellikle üretime veya proses aşamalarına odaklanılmamıştır. Türkiye'deki sanayi grupları içinde en fazla su tüketen sektörlerden biride tekstil sektörüdür. Tüketilen suyun tamamına yakını boya terbiye bölümlerinde kullanılan çeşitli boya ve yardımcı kimyasal maddeler ile kirletildikten sonra çevreye atılmaktadır. Aynı zamanda kullanılan bu suların büyük bir kısmının da ısıtılmak suretiyle kullanıldığı ve ısıtma için ise aşırı miktarda enerji sarf edildiği ve bu enerji elde etmek için atmosfere fazla miktarda CO2 salınımı yaparak sera gazı emisyonlarıyla çevreye zarar verildiği bilinmektedir. Boyahaneler aşırı miktarda kirli atık hava ve suları ile çevreyi kirletmektedirler.

Tekstil sektörünün Türkiye ekonomisindeki yeri de göz önünde bulundurulacak olursa durumun ciddiyeti daha da iyi anlaşılabilir. Aşırı rekabetin yaşandığı dünya pazarında Türk tekstil üreticileri de yeşil tekstil, eko-etiketli ürünleri piyasaya sunmak için son yıllarda yoğun çabalar harcamaya başlamışlardır.

Çevremizi hızla kirletmekteyiz. Hızlı nüfuz artışı, plansız kentleşme, endüstrileşme ve doğal kaynakların ölçüsüzce kullanılması bu kirliliğe sebep olan en önemli faktörler arasındadır. Bu etkilerin doğrudan insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerinde yarattığı olumsuz sonuçlar nedeni ile çevre kirliliğinin önlenmesi ve bu yönde yapılan çalışmalara verilecek desteğin önemi göz ardı edilemez. Çevreye zarar vermeyen veya daha az zarar veren üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ise alınabilecek önlemlerin başında gelmektedir.

Bu doktora tez çalışmasında; Su, zaman ve enerji tüketimi çok fazla olan tekstil terbiye ünitelerinde selüloz esaslı pamuklu kumaşlar için çevre dostu yöntemler kullanılarak alternatif boya terbiye hatlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tespit edilen bu üretim yöntemi “Yeşil Fabrika” olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar diğer selüloz esaslı lifler içinde alternatif olabilecektir. Bu nedenle çok yoğun, karmaşık, aşırı miktarda su ve tehlikeli kimyasal tüketimi olan terbiye işlemleri için alternatifler yöntemler sunmanın önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma ile çevreye zarar vermeden, mümkün mertebe daha az su, enerji ve zaman kullanılarak ve geleneksel yöntemler ile elde edilen terbiye değerlerine yakın veya daha iyi sonuçları yakalayabilecek yöntemler tespit edilmiştir. Bunları sağlamak için ultrason tekniği, ozon gazı uygulamaları, enzimler ve doğal boyarmaddeler kullanılmıştır. Bu yöntemlerle kendi aralarında çok farklı kombinasyonlar yapılarak ilk defa bu tez kapsamında tek bir hat üzerinde ve hep birlikte kullanılabilirlikleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tez kapsamında; sertifikalı %100 pamuklu ve nişasta haşıl esaslı dokuma kumaşlar, α -amilaz, glikoamilaz, pektinaz ve glikozoksidaz enzimleri kullanılmıştır. Kullanılan doğal boyalar ise genellikle atık olan maddelerden seçilmiştir. Bunlar; nar kabuğu, fındikkabuğu, portakal ağacı yaprağı ve havacıya bitkisidir. Tez kapsamında yapılan çalışmaların tamamı çektirme yöntemine göre yapılmıştır.

İlk olarak kumaşlara geleneksel yöntemler kullanılarak ön terbiye işlemleri yapılmış ve metal tuzları kullanılarak doğal boyalar ile boyanmıştır. Terbiye işlemleri ile haşıl sökme, hidrofilit, beyazlık vb. değerler tespit edilmiştir. Elde edilen bu terbiye sonuçları daha sonra yeni çevre dostu terbiye yöntemleri ile elde edilen ve doğal boyalar ile boyanan kumaşların sonuçlarıyla karşılaştırmasında kullanılmıştır.

Daha sonra ultrason enerjisinin kumaş üzerinde yapabildiği etkiler incelenerek optimum değerler tespit edildikten sonra, α -amilaz ve glikoamilaz enzimlerinin optimizasyon çalışmaları ultrason tekniği ile birleştirilmiştir. Bu çalışmalara ilaveten pektinaz, glikoamilaz ve glikozoksidaz enzimlerinin birlikte kombinasyonları denenmiş ve bunlar da ultrason tekniği ile birleştirilmiştir. Böylece çevre dostu olarak adlandırılan yeni yöntemler kullanılarak pamuklu kumaşların ön terbiyesi gerçekleştirilmiştir.

Bir sonraki çalışma ise ozon gazının optimizasyon çalışmasıdır. Ozon gazının ile ideal çalışma parametreleri tespit edilmiştir. Sonra ozon gazının etkisini artırabilmek için ozon ile birlikte bazı oksidatif maddeler kullanılarak denemeler yapılmıştır, buna ilaveten ozon gazı ile ultrason tekniği birleştirilerek denemeler de gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen çevre dostu yöntemler ile ön terbiyesi yapılan tüm kumaşların doğal boyalar ile boyama işlemlerinde mordan maddesi olarak her hangi bir metal tuzu kullanılmamıştır.

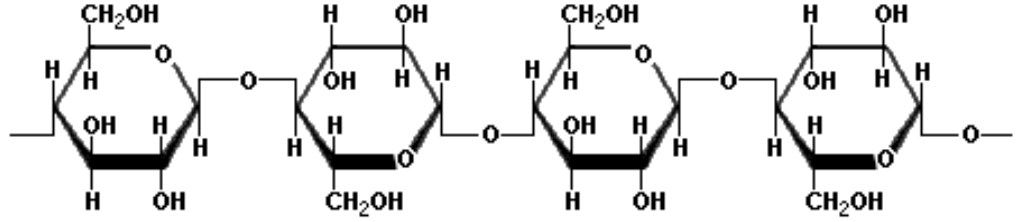
Yapılan bu deneme çalışmalarının tamamından elde edilen ön terbiye, boyama ve haslık test sonuçları, geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan terbiye sonuçları ile paralellik göstermektedir. Özellikle ozon-ultrason kombinasyonu ve dolayısıyla önerilen yeşil terbiye hatları ile tekstil fabrikaları için alternatif yöntemler bildirilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Pamuk Liflerinin Yapısı ve Özellikleri

Gossypium hirsutum L. olarak bilinen Şekil 1.1’de gösterilen pamuğun yapısında kimyasal olarak % 90-95 oranında selüloz bulunmaktadır. Selülozun genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir [1].



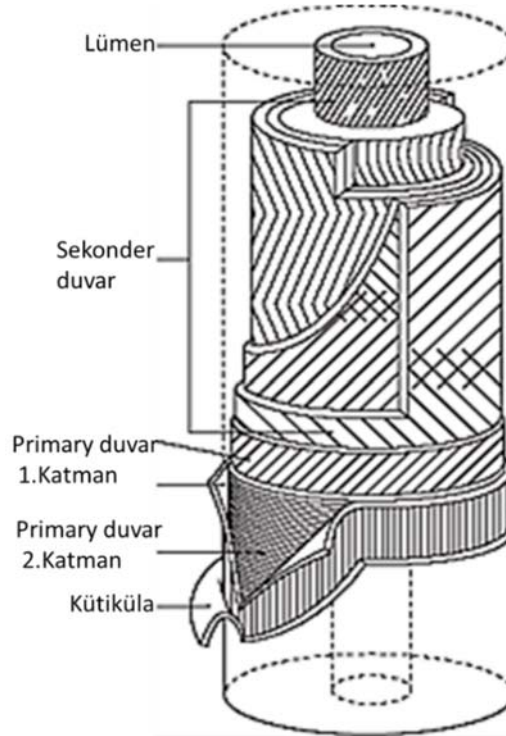
Şekil 1. 20. Selülozun kimyasal yapısı. β -D-Glikoz [2]

Pamuk, Doğu ve Orta Doğu’da binlerce yıldan beri kullanılmakta olan en eski ve en önemli elyaf türüdür. Pamuk lifi pamuk bitkisinin tohumlarından elde edilen tek hücreli bir liftir. Tablo 1.1’de gösterildiği gibi işlenmemiş pamuk selülozdan başka yağ, vaks, pentoz, pektin, protein, basit organik azot bileşikleri, organik asitler, anorganik tuzlar ve renkli maddeler içerir [3].

Tablo 1. 9. Pamuğun Bileşimi [4]

Madde	İçerik (%)
Selüloz	90-95
Pektin	0,7-1,2
Şeker	0,3
Yağlar ve Vakslar	0,4-1
Protein	1,1-1,9
Kül	0,7-1,6
Diğer Organik Maddeler	0,5-1
Renkli Maddeler	Eser Miktarda

Pamuğun yapısının çok büyük bir kısmını selüloz içermektedir. Pamuk lifi içi protoplazma sıvısı ile dolu ince duvarlı bir bitki hücresidir. Şekil 1.2’de verildiği gibi lifin enine kesiti incelenirse en dıştan en içe doğru kütikula, primer çeper, sekonder çeper ve lümen katmanlarından oluşmaktadır [4].



Şekil 1. 21. Pamuk lifinin morfolojik yapısı [5]

1.1.1. Organik/Sertifikalı Pamuk

Organik Tarım, ekolojik sistemde hatalı uygulamalar sonucu kaybolan doğal dengeyi kurmaya yönelik, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içermekte olup, esas itibariyle sentetik kimyasal ilaçlar ve gübrelerin kullanımının yasaklanması yanında, organik ve yeşil gübreleme, münavebe, toprağın muhafazası, bitkinin direncini arttırma, parazit ve predatörlerden yararlanmayı tavsiye eden, üretimde miktar artışını değil ürünün kalitesinin yükseltilmesini amaçlayan bir üretim şeklidir [6].

Organik tarımın uygulama alanı bulduğu sektörlerden biride pamuk üretimidir. Klasik pamuk ile organik pamuk arasındaki farklar Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tüm bu organik üretim felsefesiyle klasik üretim karşılaştırıldığında, organik tekstilin son yıllarda bu kadar fazla ilgi görmesinin nedenlerini aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ekolojik dengenin bozulması,
- Dünyada ekoloji bilincinin gelişmesi,
- Artan çevre ve sağlık sorunları,
- Sağlıklı yaşama olan ilgi,
- Uzakdoğu felsefelerinin popülerliği (yoga vs.),
- Ticari nedenler (ekolojik ürünlerin katma değerinin yüksek olması),
- İşletmeler için yeni fırsatlar sunması,
- İşletmelere gelişim imkanı yaratması,
- Tüketicilere/müşterilere ulaşımı yaygınlaştırması,
- Riski azaltması,
- Sosyal, ekonomik ve çevresel anlamda sürdürülebilir olması.

Organik pamuğun özellikleri ve üretim süreci, uygulamada da bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Tohumdan başlayarak, tarımının her safhasında yapılacak uygulamaların kontrol ve takipleri zaman zaman kesintiye uğrayabilmektedir. Toprak koruma, hazırlama, gübreleme, ekim, dikim, bitki koruma, sulama, hasat gibi birçok organik tarım adımından oluşmaktadır [7]. Bu adımların tümü pamuğun tarımı süresince dikkatlice izlenmesi gereken hususların başında gelmektedir.

Tablo 1. 10. Klasik pamuk ile organik pamuk arasındaki farklar [8]

İşlem	Klasik Pamuk	Organik Pamuk
Tohum hazırlığı	* Normal olarak tohumlar Fungisid ve insectisidlerle işlem görür. * GMO (GDO) tohum kullanımı serbesttir.	* İşlem görmemiş ve mümkünse organik tohum kullanılır. * GMO (GDO) tohum kullanımı yasaktır.
Toprak ve Su	* Sentetik gübre kullanılır. * Daha ziyade uygulanan monokültür ürün yetiştirme nedeniyle toprak zayıftır. * Yeterli yağmur almayan bölgelerde yoğun sulama gereklidir.	* Ürün rotasyonu uygulanarak toprağın kuvvetli olması sağlanır. * Organik tarım yönetmeliği bölümünde yer alan organik gübre ve toprak iyileştiricilerin kullanımı serbesttir. * Topraktaki artan organik madde sayesinde su daha iyi tutulmakta ve daha az sulama gerekmektedir.
Yabani otlarla mücadele	* Yabani ot çıkmasını önlemek için herbisid uygulanır. * Çıkan yabani otları öldürmek için defalarca herbisid uygulanır.	* Yabani otlar kimyasal yöntemlerden ziyade, fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılırlar. * Yabani ot durumu, sürme ve elle çapalama yoluyla kontrol altında tutulur.
Zararlı haşereyle mücadele	* En yaygın kullanılan 9 tanesi yüksek derecede zehirli olan insectisidler sırt pompalarıyla veya uçaktan püskürtülerek uygulanırlar.	* Zararlı haşereyle onların düşmanları haşereler sağlıklı toprak sayesinde dengede tutulurlar. * Faydalı ve zararlı haşereler, biyolojik ve kültürel uygulamalarla kontrol altında tutulurlar. * Zararlı haşereleri pamuktan uzak tutmak için tuzak bitkilerden faydalanılabilir.
Hasat	* Makineli hasat öncesi kozaların açılmasını kontrol altında tutmak ve yaprakların kuruyup dökülmesini sağlamak için, büyüme regülatörü, desikkant ve defolyant gibi zehirli kimyasal maddeler kullanılır.	* Elle toplamada yaprakların dökülmesine ihtiyaç yoktur. * Makineli hasatta yaprakların dökülmesi için mevsim değişikliğine bağlı donmadan faydalanılır. * Su yönetimiyle yaprak dökülmesi sağlanır. * Yapraklar, termal yaprak yok ediciyle yakılır.

Bunlar içinde izlenebilirlik en zor takip edilen durumlardan organik pamuk için en önemli olanıdır. Bu tür sorunlardan dolayı üretici organik pamuktan ziyade daha çok *sertifikalı pamuk* (Better Cotton) üretimine yoğunlaşmış durumdadır.

Sertifikalı pamuk üretim ilkeleri BCI (Better Cotton Initiative) olarak adlandırılan gönüllü bir kuruluş tarafından belirlenmiştir. Özellikle pestisit olarak kullanılan tarım

ilaçlarının zararlı etkilerinden ürünlerin, çevrenin minimum düzeyde zarar görmesini sağlamak üzere çalışmalar yapılmaktadır. Pestisitler, insanlara, çevreye ve hayvanlara zarar verebilirler. Sertifikalı pamuk üretiminde Dünya Sağlık Örgütü (Who) tarafında yayınlanmış olan listedeki pestisitlerin kullanılmasına izin verilmektedir. Sertifikalı pamuk üretiminin temel prensibi; ürünü koruma altına almak, su kalitesi, toprak, çevre elyaf kalitesi ve iyi çalışma yöntemlerine dayanmaktadır [9].

1.2. Pamuklu Kumaşlara Yapılan Geleneksel Ön Terbiye İşlemleri

Pamuk liflerinin bünyesinde bulunan hidrofob özellik gösteren yağlar, vakslar, pektin, hemiselüloz ve renkli pigmentler gibi doğal yapılar nedeniyle işlenmeleri zor ve güçtür. Bunların renklendirilmelerinde de büyük sorunlar yaşanabilir. İyi bir kumaş tutumu ve istenilen kusursuz boyamaların gerçekleştirilebilmesi için istenmeyen bu safsızlıkların yapıdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için özellikle dokuma kumaşlarda çok fazla miktarda su ve enerji kullanılarak bazı terbiye işlemleri yapılmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

1.2.1. Yakma/Makaslama

Kesikli elyaftan eğirilen ipliklerden üretilen kumaşlarda yüzeyden çıkmış istenmeyen lif uçlarını ve tüycüklerini uzaklaştırmak için yapılmaktadır. Böylece kumaş daha parlak bir görünüm kazanır. Yakma makinalarında gaz beklerinden çıkan alevle kısa bir süre temas ettirilmek suretiyle yakılarak uzaklaştırılır. Yapıda bulunan tüycüklerin uzaklaştırılması için gerekirse “Makaslama” adı verilen işlemde yapılabilir.

1.2.2. Haşıl Sökme

Dokuma makinesinin verimini artırmak ve kopuşları engellemek amacıyla pamuklu çözümlü ipliklerine yapılan işleme haşılama denir. Bu işlem ile iplik dokumadan önce gerekli mukavemet, yüzey düzgünlüğü ve kayganlık özelliği kazanmış olur. Haşılama işleminde kullanılan haşıl maddesi hidrofob bir özelliğe sahiptir, sarımtırak bir görünümü vardır, su emilimini ve boya alımını engeller. Doğal (nişasta, CMC, jelatin, tutkal vb.) ve sentetik (PVA, poliakrilat vb.) haşıl maddeleri mevcuttur.

Dokuma işleminden sonra kumaş üzerinde bulunan ve hidrofob özellik gösteren haşıl maddesinin kumaş üzerinden terbiye dairesinde uzaklaştırılması işlemine “Haşıl Sökme” denir.

1.2.3. Pişirme (Hidrofilileştirme)

Pamuklu tekstil materyalleri üzerinde bulunan hidrofob özellik gösteren yağların, vaksların, mumların uzaklaştırılması işlemine denir. Aynı zamanda boyama ve apre gibi yaş terbiye işlemlerinde materyalin su emme yeteneğinin artırılması amaçlanmaktadır.

1.2.4. Ağartma (Kasar)

Pamuklu materyaller doğasından gelen sarımtırak bir renge sahiptir. Bu doğal rengin çeşitli ağartma maddeleri kullanılarak pamuklu materyalin yapısından uzaklaştırılması işlemine “Kasar/Ağartma” denir. Kasar işlemi materyalin beyazlık derecesine ve/veya renk tonuna göre bir miktar farklılık göstermektedir.

1.2.5. Merserizasyon

Pamuklu tekstil materyallerin özellikle dokuma kumaşların parlaklık, mukavemet, boyut stabilitesi, boya çekimini artırma gibi özelliklerini geliştirmek için belli bir gerilim altında yapılan terbiye işlemine denir. İşlemler bazik ortamda gerçekleştirilmektedir [10]. Merserizasyon işlemi terbiye dairelerinde isteğe bağlı olarak yapılan bir uygulamadır.

1.4.Çevre Dostu Ön Terbiye Yöntemleri

Çevre dostu ön terbiye yöntemlerin geliştirilmesi üzerine birçok bilim adamı çalışmalar yapmaktadır. Tekstil terbiyesi atıkları itibariyle çevreye en çok zarar veren endüstri dallarının başında gelmektedir.

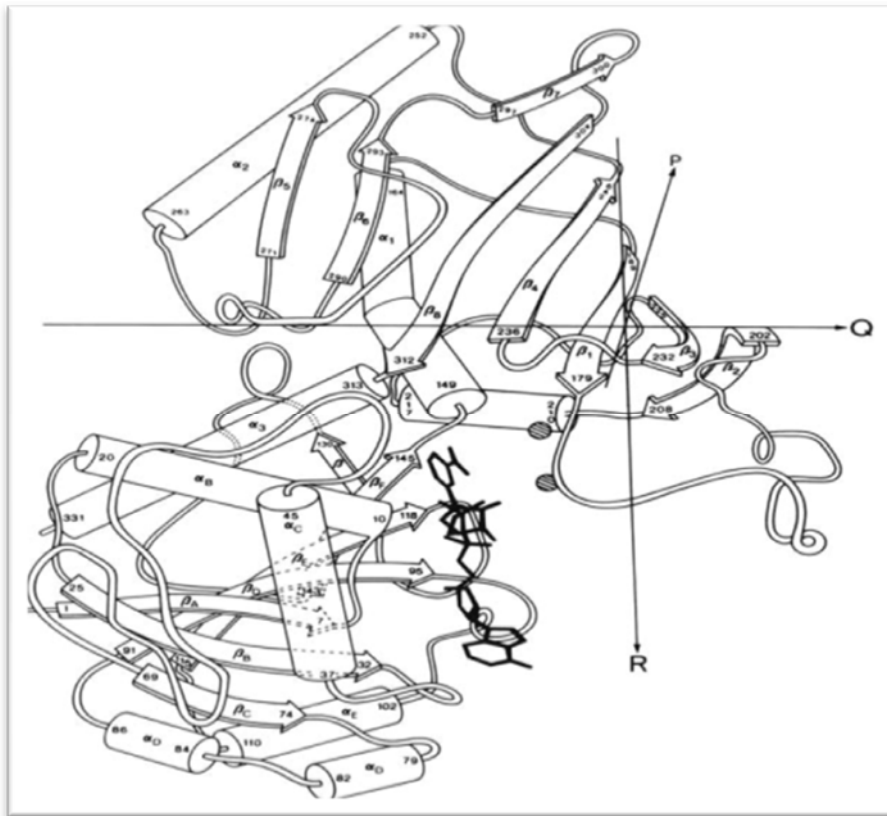
1.3.1. Enzimatik Prosesler

Protein yapısında olan biokimyasal katalizörlere enzim denir [11]. Enzim kelimesinin kökü yunaca “*Zymae*” den gelmektedir [12]. “Enzim” kelimesi ilk defa 1876 yılında Kühne tarafından açıklanmış olup, “hamur mayası” anlamında kullanılmıştır. Mayalar, fermantasyon işlemi için önemli olduğu için araştırmacılar için popüler bir konu olmuştur. 1800’lü yılların başında enzimlerin doğal proteinimsi yapıları tanınmaya başlamıştır. 1930 yılında Northrop ve arkadaşları kristalin proteolitik enzimleri izole etmişler. 1940 yıllarda enzimlerin izolasyon ve karakterizasyon teknikleri araştırılmıştır. 1950’li yıllarda amino asitlerin karmaşık yapıları tespit edilmiştir. İlerleyen yıllarda pankreatik ribonükleazların yapısı belirlenmiştir.

Endüstriyel enzimlerin dünya pazarında ticari payının yaklaşık 1,6 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir [13]. Bu enzimlerin kullanım alanlarına göre dağılımı şu şekilde

olmuştur; gıda endüstrisinde %29'unun, hayvan yemi sektöründe %15'inin ve genel amaçlı teknik alanlarda ise %56'sının yer aldığı görülmektedir [14].

Enzimler, spesifik kimyasal reaksiyonları katalizleme yeteneğine sahip, doğal yollardan elde edilen, protein yapısında, yüksek moleküllü, kompleks organik polimerlerdir. Endüstriyel olarak mikroorganizmaların Fermantasyonu sonucu elde edilmektedir. Enzimler kimyasal bir reaksiyonu katalizledikten sonra serbest kalarak bir sonraki reaksiyonu da katalizleyebilmektedir. Doğal protein olan enzimler, çok kolay ve hızlı bir şekilde biyolojik olarak parçalanmaktadırlar. Bu özellikleriyle atık su yükü oluşturmamaktadırlar [15]. Her enzimin katalitik aktivitesinin en yüksek olduğu bir sıcaklık ve pH aralığı vardır. Tipik bir enzimin 3 boyutlu X-ray kristalografik yapısı Şekil 1.3'de verilmiştir [16].



Şekil 1. 22. Tipik bir enzimin 3 boyutlu X-ray kristalografik yapısı [16]

Son yıllarda gıda, deterjan vs. gibi sanayilerde olduğu gibi tekstil endüstrisinde de enzimlerin kullanımı önem kazanmaya başlamıştır. Tekstil endüstrisinde enzimatik terbiye yöntemlerinde özellikle de haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma gibi ön terbiye [17] işlemlerinde *amilaz*, *pektinaz*, *selülaz*, *katalaz*, *lipaz*, *lakkaz* ve *proteaz* gibi enzimler kullanılarak enzimatik olarak tekstil materyallerinin terbiye işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. 11. Pamuğun ön terbiyesinde uygulanan bazı enzimler [18]

Enzim Adı	Enzimin Etkilediği Madde	Tekstil Uygulaması
<i>Amilaz</i>	Nişasta	Haşıl Sökme.
<i>Selülaz</i>	Selüloz	Taş yıkama/bio-parlatma.
<i>Pektinaz</i>	Pektin	Kostik soda yerine bio pişirme.
<i>Glikozoksidaz</i>	Pigment	Pamuğun ağartılması için hidrojen peroksit üretimi.

1.4.1.1. *Amilaz* Enzimleri:

Amilazlar, glikoz birimlerinden oluşan nişasta ve benzer polimer moleküllerini parçalayan “glikozid hidrolaz” olarak da bilinen enzimlerdir. Doğada bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalarda bulunur ve amiloz, amilopektin ve glikojeni oluşturan glikoz birimleri arasındaki glikozidik bağları parçalayabilme yeteneğine sahiptir. *Amilaz* enzimleri, “*endoamilaz*” ve “*ekzoamilaz*” olmak üzere iki kategoriye ayrılabilirler [19].

Enzimatik haşıl sökme işlemlerinde nişastayı parçalamak amacıyla *amilaz* enzimleri kullanılır. Pankreas, malt ve bakteri *amilaz* kaynağı olarak bilinir. *Amilaz* enzimleri hayvansal (α -*amilaz* (E.C:3.2.1.1)) veya bitkisel kaynaklı (β -*amilaz* (E.C:3.2.1.2)) olmaktadır.

α -Amilaz Enzimleri: α -*Amilaz* enzimi nişasta makromoleküllerini hızlı bir şekilde kopararak dekstrine dönüştürür. Tekstil sanayinde nişasta esaslı haşıl maddelerinin yapıdan uzaklaştırmak için kullanılmaktadır [4; 20]. α -*Amilazlar* endüstride kullanılan enzimlerin en popüler ve önemli formlarından biridir [19].

Glikoamilaz/Amiloglikozidaz Enzimleri: α -1,4 ve α -1,6 bağlarını parçalayabilen ekzoacting amilazlar (γ -amilaz) (E.C:3.2.1.3) [19]. Mısırdan elde edilmektedir. Genellikle günümüzde bu enzimlerin kullanım alanı gıda sanayidir. Tekstil sanayinde haşıl sökme için kullanılabilirliği çalışmaları devam etmektedir. Üretici firma tarafından enzimin en uygun pH aralığının pH 4,0-4,8 ve çalışma sıcaklığının ise 52-60°C arasında olduğu önerilmiştir [21].

1.4.1.2. Pektinaz Enzimleri:

Mikrobal enzimler çevre dostu ve ekonomik olarak endüstrilerde kullanılmaktadır. Mikrobal *pektinazlar* asidik ve bazik özellik gösteren *pektinazlar* olarak ayrılmaktadır. İlk olarak gıda sanayinde kullanım alanı bulmuşlardır [22]. *Pektinazlar*; pektini parçalayan enzimlerin genel adıdır. *Pektinazların* pektini parçalamasından yararlanılarak tekstilde pamuk liflerinin hidrofilleştirilmesinde kullanılabileceği bilinmektedir. Tekstil sanayinde asidik ve bazik *pektinazlar* olmak üzere iki tip *pektinaz* enzimi bulunmakta ve kullanılmaktadır [23].

Pamuk primer çeperinde bulunan pektin kuvvetli bir biyolojik tutkaldır. Yapısında kalsiyum, demir, magnezyum gibi yapılar vardır. Bunlar suda çözünmezler. *Aspergillus niger*'den elde edilen üç *pektinaz* pamuğun yüzey ıslanma özelliğini artırmaktadır. Pektinimsi maddelerin yumuşaması, diğer selülozik olmayan maddeleri de yerinden çıkartabilmekte ve pamuk lifi yüzeyindeki hidrofob bileşiklerin uzaklaşmasında etkili olmaktadır [24].

1.4.1.3. Glikozoksidaz Enzimleri:

Glikozoksidaz enzimleri oksido reduktaz sınıfındadırlar. *Glikozoksidaz* enzimi glikoz ve oksijenden hidrojen peroksit ve glikonik asit üretir. Bu enzimlerin kullanımı şeker yüklü daha önceki banyoların geri kazanımını sağlayabilir. Glikozun, sulu çözeltide oksijen varlığında *glikozoksidaz* tarafından hidrojen peroksit'e dönüştürülmesi mümkündür (Şekil 1.4). H₂O₂ oluşturan benzer enzim sistemleri daha önce deterjan formüllerinde de kullanılmıştır. Enzim reaksiyonunda oluşan glikonik asit, metal iyonlarını tutucu etki yaparak peroksit stabilizatörlerinin ilavesini gereksiz hale getirmektedir [25].

Hartzell ve Hsieh 1998 yılında yaptıkları çalışmada *pektinaz*, *selülaz*, *proteaz*, *lipaz* gibi enzimleri kullanarak pamuklu kumaşların ıslanma yeteneklerini incelemişler, bu enzimlerden *pektinaz* ve *selülaz* enzimlerinin dikkate değer bir ıslatma etkisi olabileceğinden bahsederek, *pektinaz* enzimi ile 100°C’de çalışmada ıslanma yeteneğinin geliştiğini, en düşük mukavemet kaybı olduğunu ve boyutsal değişiminin de düşük olduğunu bildirmişlerdir [30].

Cavaco-Paulo 1998 yılında yapmış olduğu derleme çalışmasında; *selülaz* enzimlerinin tekstil sanayinde kullanımının hızla arttığını, en başarılı uygulamalarının denim kumaşlarının taşlanması olduğunu bildirmiştir. Apre ve yıkama etkileri nedeniyle *selülaz* enzimlerinin dünya pazarında genişlediğini bildirmiştir. Aynı zamanda *selülaz* enzimleri tarafından kumaş yüzeyinde yoğun mekanik etkilerin meydana geldiğini, tekstil Prosesleri sürecinde *Selülaz* enzimi ile mekanik deformasyon arasında bir ilişki olduğuna değinmiştir [31].

Sawada *et al.* 1998 yılında *pektinaz* enzimini kullanarak pamuğun bio-piştirme olanaklarını incelemişler, bio-piştirme ile pamuğun hidrofilitesinin artış gösterdiğini ancak bu artışın geleneksel alkali piştirme işleminden çok olmadığını, ancak *pektinaz* enzimini kullanırken kullanılacak olan bir yüzey aktif maddesi ile bu özelliğin çok daha iyi gelişebileceğinden bahsetmişlerdir [32].

Andreaus *et al.* 1999 yılında özellikle ütüleme gibi tekstil bitim işlemlerinde; pamuklu bir kumaşa *Selülaz* enzimini absorbe ederek 50°C’de katalitik etkisinin azaldığını, fakat bağlayıcı davranış gösteren yan etkilerinin tespit edilmediğini bildirmiştir [33].

Cavaco-Paulo *et al.* 1999 yılında genetik olarak geliştirilmiş *Selülaz* enziminin (CBDs) pamuklu kumaşlar üzerinde kullanım alanlarını incelemişler ve bu enzimin özellikle asit boyaların afinitelerini artırdığını fakat yıkama haslığını da düşürdüğünü, CBDs proteinleri ile absorbe edilmiş pamuklu kumaşların uzun süre depolanmalarında ise herhangi bir mukavemet kaybına rastlanılmadığını rapor etmişlerdir [34].

Etters 1999 yılında yaptığı bir çalışmada geleneksel olarak pamuğun pişirilmesinde kullanılan kostik soda yerine alkali *pektinaz* enziminin kullanılabilirliğini incelemiş ve enzim kullanılması ile pamuğun ıslanma kabiliyetinin arttığını, bazı boyalar üzerinde renk verimlerinin arttığını rapor etmiştir [35].

Duran *et al.*. 2000 yılında yaptıkları derleme çalışmasında *Selülaz*, *Ksilanaz*, *Lipaz*, *Lakkaz*, *Proteaz* gibi enzimlerin tekstil endüstrisindeki kullanımlarını ve bunların kullanılmalarıyla birlikte çevreye verilen zararın azaltılması ile ilgili konuları rapor etmiştir [36].

Tzanov *et al.*. 2001 yılında yaptıkları çalışmada pamuğun geleneksel pişirme ve ağartma işlemlerinde bio-prosesleri kullanmışlar, pişirme işlemi için *pektinaz* enziminin iki tipini asidik ve alkali ortamlarda, ağartma işlemini içinse, glikozon oksidasyonu esnasında *glikozoksidaz* enzimini kullanarak ürettikleri hidrojen peroksit ile gerçekleştirmişlerdir. Nişasta içeren haşıl sökme banyosunda tek adımda pişirme ve ağartma işlemlerini gerçekleştirilebileceğini bildirmişlerdir [37].

Costa *et al.*. 2001 yılında *Bacillus sp.*'den izole ettikleri *katalaz* enzimini immobilize ederek tekstil materyallerinin ağartılması işleminde kullanılabilirliğini incelemişler, immobilize edilmiş olan bu enzimin yüksek pH'larda ve sürelerde (30°C de pH=11 de 214 saat) dahi stabilitesini koruduklarını, hidrojen peroksit banyosuna ilave edilen anyonik ıslatıcıların immobilize olmuş enzimin aktivitesini düşürdüğünü ve konulmaması gerektiğini belirtmişlerdir [38].

Belghith *et al.*. 2001 yılında yaptıkları çalışmada *Penicillium occitanis*'dan mustasyona uğratılan *Selülaz* enzimini denim kumaşların yıkanmasında kullanmışlar ve elde edilen sonuçların geleneksel taş yıkama proseslerinden farklı olmadığını ve denim yıkamasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir [39].

Csiszar *et al.*. 2001 yılında yaptıkları çalışmada *Selülaz* ve *Ksilanaz* enzimlerini kullanarak pamuğun bio-terbiyesinin olabilirliği üzerine araştırmalar yapmışlar ve dikkate değer bir zararlı etki vermeden ticari olarak kullanılan *selülaz* ve *hemiselülaz* enzimlerinin tekstil terbiyesinde kullanılabileceğini rapor etmişlerdir [40].

Tzanov *et al.*. 2002 yılında yaptıkları bir başka çalışmada tekstil ağartma işlemlerinde immobilizasyon tekniğini kullanmışlardır. Çalışmalarında alüminyum ve camı kullanarak *glikozoksidaz* enzimini kovalent bağ ile immobilize etmişler ve düşük sıcaklıklarda enzimin birden fazla kullanılabileceğini bildirmişler, aynı zamanda enzimatik reaksiyonlar ile hidrojen peroksit üreterek tekstil ağartma işlemlerinde başarıyla kullanılabileceğini rapor etmişlerdir [41].

Yachmenev *et al.* 2002 yılında yaptıkları çalışmada enzim ve ultrason enerjisini kombine ederek pahalı olan enzim sarfiyatının azaldığını, işlemlerin daha kısa sürede gerçekleştiğini, daha az elyaf hasarı meydana geldiğini ve homojen bir terbiye işlemi yapılabildiğini bildirmişlerdir [42].

Ibrahim *et al.* 2004 yılında yaptıkları çalışmada pamuklu materyallerin yaş terbiye işlemleri için yeni çevre dostu prosesler geliştirmeye çalışmışlar, bunun için pamuklu materyali alkali *Pektinaz* enzimi ile pişirme işlemine tabi tuttuktan sonra hidrojen peroksit ile kombine ederek kumaşı reaktif boyarmadde ile boyamış ve bir banyo içinde nişasta esaslı pamuklu kumaşın enzimatik haşıl sökölmesini, bio-pişirme işlemini ve Hidrojen peroksit ağartmasının gerçekleştirilebileceğini rapor etmiştir [43].

Karapinar ve Sariisik 2004 yılında yaptıkları çalışmada *α -amilaz*, *proteaz*, *pektinaz* ve *selülaz* enzimlerini kullanarak farklı sıcaklık, kombinasyon ve pH'larda pamuklu kumaşların ıslanma ve su emme yeteneklerinin geliştiğini bildirmişlerdir [44].

Pazarlıoğlu *et al.* 2005 yılında ticari olarak kullanılan *Selülaz* enzimini kimyasal olarak modifiye ettikten sonra immobilize olmuş *selülaz* enzimini indigo ile boyanmış denim kumaşların yıkanmasında kullanmışlar ve immobilize olmuş asit *selülaz* enziminin denim yıkamasında aşındırıcı etkiler gösterdiğini rapor etmişlerdir [45].

Pazarlıoğlu *et al.* 2005 yılında yapmış oldukları bir başka çalışmada *laccase* (TvLac), *lignin peroxidase* (LiP), *manganese peroxidase* (MnP), *arylalcohol oxidase* (AAO) ve *polyphenol oxidase* (PPO) enzimlerini izole ettikten sonra herhangi bir aracı kullanmadan denim kumaşların yıkanmasında kullanarak, *T.versicolor*'den elde edilen *lakkaz* enziminin denim kumaşların yıkanmasında kullanılan ticari enzimlerden farklı olmadığını bildirmişlerdir [46].

Tauber *et al.* 2005 yılında yaptıkları çalışmada *lakkaz* enzimini ultrason yöntemi ile kombine ederek oksidatif olarak atık halindeki azo boyarmaddelerin dekompozisyonunda kullanılabilirliğini araştırmışlar ve *lakkaz* enzimi ile yapılan işlemlerden sonra yüksek oranda azo boyaların renklerinin kaybedildiğini, ancak bu renk kayıplarının reaktif boyarmaddeler için mümkün olmadığını bildirmişlerdir [47].

Namlıgöz ve Duran 2006 yılında yaptıkları çalışmada haşılı sökölmüş Rami liflerinin üç farklı ticari enzim kullanılarak yapıdan pektinin uzaklaştırılabileceğini bildirmişlerdir.

Bir miktarda mukavemet kayıpları olduğunu ve yine de Rami liflerinin enzimatik olarak ön terbiye işlemlerinin yapılabileceğini bildirmişlerdir [48].

Duran vd. 2007 yılında yaptıkları derleme çalışmasında ipek lifinde bulunan serisinin uzaklaştırılmasında *Proteaz* enziminin kullanılabilirliğini ve alkali *Proteazlar* kullanılarak serisinin uzaklaştırılabileceğini; ipeğin mukavemetinin azalmadığını, yüzeyinin düzgün olduğunu, tutum ve parlaklığının geliştiğini asidik ve nötr olanlara nazaran daha iyi bir şekilde etki ettiğini rapor etmişlerdir [15,49].

Lopez ve Cavaco-Paulo 2008 yılında yaptıkları çalışmada yıkama amaçlı deterjan formüllerinde çevreye zarar veren bileşiklerin bulunduğunu, bunlar olmaksızın yıkama etkilerinin düşük olduğunu belirterek, bu bileşiklerin yerine alabilecek enzimatik yollarla üretilen hidrojen peroksitin kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bunun için üç farklı yol izlemişlerdir. Birincisi, *glikozoksidaz* yardımıyla glikozdan hidrojen peroksit üretimi, ikincisi, karboksimetilselülozdan (CMC)’den hidrojen peroksit üretimi, son olarak da etanolden hidrojen peroksit üretimini gerçekleştirmişlerdir. Ürettikleri hidrojen peroksitleri eş zamanlı olarak pamuğun ağartılmasında kullanmış, uygun pH ve sıcaklıklarda kabul edilebilir ağartma sonuçlarının elde edilebileceğini bildirmişlerdir [50].

Aniş vd. 2008 yılında ticari bir α -amilaz enzimini kullanarak pamuklu kumaşların ön terbiyesi sırasında haşıl sökme banyosunda *amyloglucosidase* enzimini kullanarak ürettikleri hidrojen peroksit ile kumaşın ağartılmasını sağlamışlardır [51,52].

Körlü vd. 2008 yılında yaptıkları çalışmada *Selülaz* enzimlerini bio-parlatma amaçlı viskon ve pamuklu kumaşlarda kullanıldıktan sonra deaktive edilmemiş haldeki *selülaz* atıklarının mekanik etki olmadan kumaş da meydana getirdikleri etkileri farklı sürelerde incelemişler ve pillinglenme düzeylerinin pamukta ve viskon da farklı sonuçlar ortaya çıkardığını tespit etmişlerdir. Enzimatik işlemler sonunda mutlaka deaktivasyon işleminin yapılması gerektiğini bildirmişlerdir [53].

Presa ve Tavcer 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada asidik ve alkali *pektinaz* enzimlerini pamuğun pişirilmesi işleminde, perasetik asidi de pamuğun ağartılmasında alternatif olarak kullanılabileceğini, bunların eş zamanlı tek bir banyoda yapılabileceğinden bahsetmişlerdir [54].

Eren *et al.*, 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada nisaşta esaslı pamuklu materyale tek banyoda *amyloglucosidase/pullanase* enzimi ile haşıl sökme, ağartma ve seçilmiş bazı reaktif boyalar ile boyanabileceklerini bildirmişlerdir [55].

Bahtiyari *et al.*, 2010 yılında viskon kumaşların *selülaz* enzimleri kullanılarak bio-parlatma özelliklerini incelemiş ve farklı enzim tipleri ve konsantrasyonlarında yapmış olduğu çalışmalarda tekstil proseslerinde çok farklı kullanım alanı bulan *selülaz* enziminin viskon kumaşların bio-parlatmasında çok etkili olmadıklarını rapor etmişlerdir [56].

Ali *et al.*, 2011 yılında yaptıkları çalışmada pamuklu havluların ön terbiye işlemlerinde tek banyoda *amyloglucosidase/pullanase* enzimi ve sonrasında ise GOx ile ağartma işlemlerinin yapılabileceğini bildirmişlerdir [57].

Montazer *et al.*, 2011 yılında çalışmalarında polyester ve yün karışımından oluşan bir kumaş kullanarak ilk olarak *proteaz* ve *lipaz* enzimlerini kullanarak sırasıyla yünün ve polyesterin yüzeyini hidroliz etmişler, sonra nano boyutta TiO₂ içeren ultrasonik bir banyo ile çapraz bağlar oluşturmuşlardır. Bu çapraz bağlar nano partiküllerin kumaş yüzeyinde tutunmalarını sağlamış, kumaşın kendi kendini temizleme özelliği incelenmiştir. Aynı zamanda yapılan bu çalışmanın kumaşa antibakteriyel bir özellik kazandırdığını da rapor etmişlerdir [58].

Silva *et al.*, 2012 yılındaki çalışmalarında ftalasiyanin grubu reaktif Mavi 21 tekstil boyasının renginin giderilmesinde *peroksidaz* enzimini kullanarak tekstil boyalarının biyolojik olarak parçalanabileceğini bildirmiştir [59].

Chakraborty *et al.*, 2013 yılında çalışmalarında potansiyel oksitleme kapasitesine sahip *lakkaz* enziminin kükürt boyalar ile boyanmış pamuklu kumaşların toksik özellik gösteren dikromatlar yerine kükürt boyayı pamuk üzerinde oksitlemek için kullanılabilirliğini incelemişler, aynı zamanda boya banyosunda çökelti halindeki kullanılmamış kükürt boyanın *lakkaz* enzimi kullanılarak pamuğun yeniden boyanabileceğini rapor etmişlerdir [60].

Farooq *et al.*, 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada pamuklu örme kumaşın ağartılmasını *glikozoksidaz* enzimi ile yaparak geleneksel yöntemler ile karşılaştırmış ve enzimatik ağartma yönteminin geleneksel yöntemlerden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Ağartma banyosuna *D-Glikoz* ilave ederek *glikozoksidaz* enzimi yardımı ile banyoda hidrojen peroksit üretmek suretiyle ağartma işlemlerini gerçekleştirmişlerdir [61].

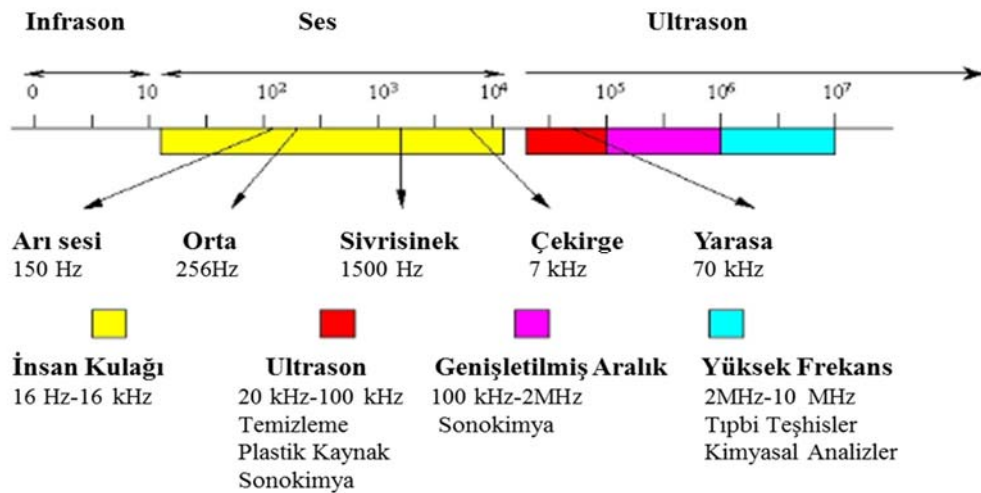
Ali *et al.*, 2014 yılında yaptıkları çalışmada pamuklu havluların boyama öncesinde *Amyloglucosidase/pullanase* enzimini kullanarak haşıl sökme ve glikoz üretimini sağlayarak, *GOx* enzimi ile de aynı banyoda hidrojen peroksit üreterek ağartma işlemi yapılmış ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanabileceğini rapor etmişlerdir [62].

Rehman *et al.*, 2014 yılında yaptıkları çalışmada *AMG-Amyloglucosidase/Pullanase* enzimini kullanarak selülozik materyallerin çevre dostu prosesler olarak ön terbiye işlemlerinin yapılabilceğini bildirmişlerdir [63].

Davulcu *et al.*, 2014 yılında yaptıkları çalışmada ultrasonik enerjinin etkisi ile *glucose oxidase (GOx)* enzimini kullanarak pamuklu kumaşların kabul edilebilir düzeyde ağartılabileceğini bildirmişlerdir [64].

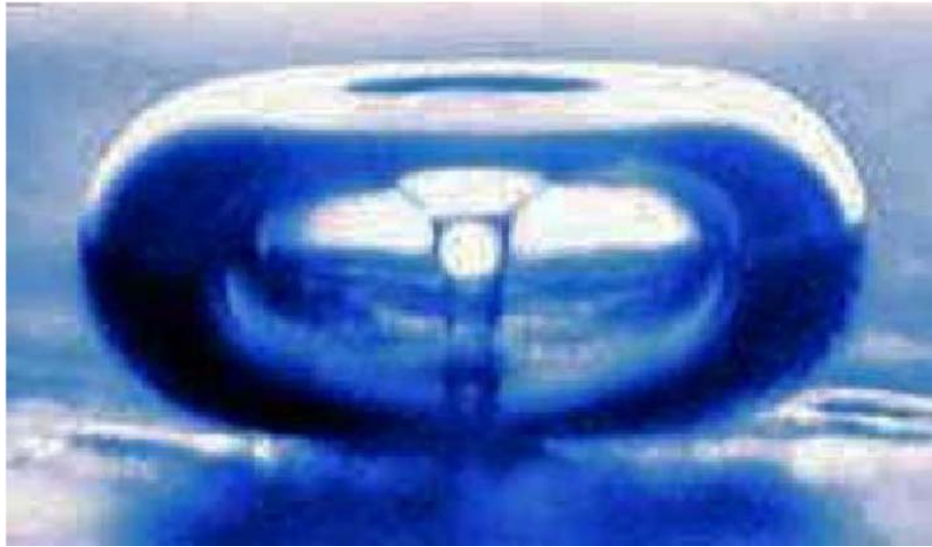
1.3.2. Ultrason/Ultrasonik Prosesler

Ultrasonun kimyasal ve biyolojik etkileri ilk kez 1927 yılında Alfred L. Loomis tarafından rapor edilmiştir [65]. İnsan kulağı tarafından algılanamayacak kadar yüksek frekanstaki seslere “Ultrason” denir [66]. Yani; insanların duyma sınırının (insan kulağı 20 Hz ile 20 kHz arasındaki sesleri duyabilir) üzerinde bulunan mekanik titreşimlerden meydana gelmiş bir enerji çeşididir. Ultrason frekansının alt sınırı aşağı yukarı 20 kHz’dir. Yani frekansı 20 kHz’den daha büyük sesler ses ötesi veya ultrason olarak tanımlanır.



Şekil 1.24. Ses dalgalarının frekansları ve genel uygulama alanları [67]

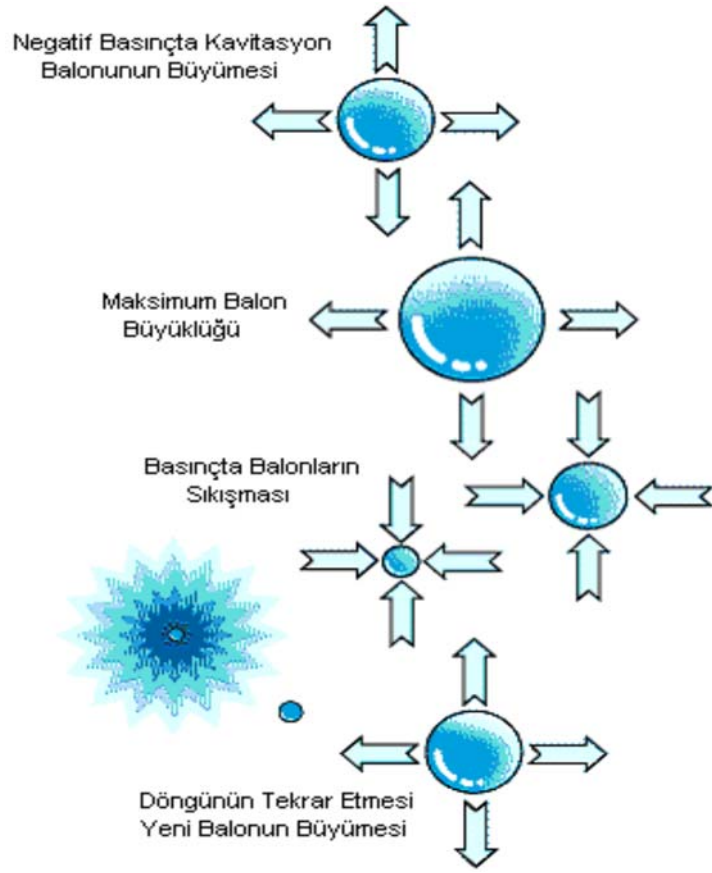
Ultrason dalgaları sıkışıp-seyrelmeler şeklinde maddesel ortamlarda yayılan titreşim enerjisidir. Ultrason dalgalarının bu sıkışıp seyrelme şeklindeki belirgin özelliği ultrasonla temizlemeye neden olan kavitasyon için önemlidir. Kavitasyon kavramı altında bir sıvının içinde boşlukların oluşumu ve bunu takiben de patlaması anlaşılır.



Şekil 1. 25. Kavitasyon baloncuğunun oluşumu [65, 68]

Kavitasyon genellikle sıvılar içinde herhangi bir küçük basınçta oluşur. Kavitasyon olayının oluş sırası şöyledir: Ultrason dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur. Sıkıştırma fazında buhar yoğunlaşır ve boşluk, çeperlerin üst yüzey geriliminin, artan basıncın etkisi ile düşmesi sonucu bozunur. Sıkışma son bulduğunda ortamda hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları oluşur.

“Kavitasyon” olarak adlandırılan bu olay sonucunda 1000 atm’nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara neden olur [68].



Şekil 1. 26. Kavite olayının etkisi [68]

Ultrason teknolojisi endüstrinin farklı alanlarında çeşitli fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Endüstrideki en yaygın kullanım amacı ise, ultrasonik kaviteasyondan yararlanılarak yapılan temizlik işlemidir. Kirlenmiş makine parçalarının, tıbbi gereçlerin, elektronik komponentlerinin ve klasik yöntemlerle temizlemenin zor olduğu ince girinti ve çıkıntılara sahip yüzeylerin temizliğinde alternatif olarak ortaya çıkmakta ve bu alanlarda kullanılmaktadır [69].

Literatürde, günümüze kadar ultrasonik enerji kullanılarak yapılan birçok çalışma mevcut olup bazıları şu şekilde sıralanmıştır;

Bu yöntemin literatürde; tekstil terbiyesinde özellikle yaş işlemlerde (haşıl sökme, pişirme, ağartma, boyama, baskı, apre gibi) tekstil materyaline apliedilmeye çalışılan kimyasal maddelerin aktarılmasında meydana gelen zorlukların aşılmasında kullanıldığına rastlanılmaktadır. Yapılan çalışmaların bazıları ise kısaca şunlardır;

Beckham *et al.*. 1996 yılında yaptıkları çalışmada ultrasonik enerjisinin tekstil yaş terbiye işlemlerinde temel ilkeleri üzerine çalışmalar yaparak potansiyel avantajlarından bahsetmişler, boyama prosesleri üzerine etkilerini incelemişler, tekstil yaş işlemlerinde düşük enerji tüketimi, düşük çalışma süresi, çevre koruyucu özellikleri, proseslerde iyileşme sağlanabileceğini ve üretim maliyetlerinin düşürülebileceğini rapor etmişlerdir [70].

Yachmenev *et al.*. 2001 yılında yaptıkları çalışmada *Pektinaz* enzimini ve ultrason enerjisini kombine ederek tekstil terbiyesinde bio-pişirme olarak adlandırmış ve kullanmışlar, yöntemin; merserize, kasar, boyama, baskı ve apre işlemleri gibi tekstil yaş işlemleri için umut verici bir yaklaşım olabileceğinden bahsetmişlerdir. Böylece bu iki kombinasyonla pamuklu kumaşların terbiye işlemlerinde enerji tasarrufu sağlanarak çevreye duyarlı bir proses olacağını, *pektinaz* enzimi kullanılarak yapılan pişirme işleminin, geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan pişirme işlemlerinden daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir [71].

Warmoeskerken *et al.*. 2002 yılında yaptıkları çalışmada ev kıyafetlerinde evsel yıkma işlemlerinin ultasonik enerji varlığında yapılabileceğini, 33 kHz frekansa sahip ultrasonik bir banyo ile kütle transferinin çok kolay ve verimli olabileceğini rapor etmişlerdir [72].

Moholkar *et al.*. 2003 yılında yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisinde ön terbiye ve apre işlemlerinde, özellikle de kumaşların amorf bölgelerine kütle transferinin sınırlı olduklarına değinerek, bundan dolayı yapılan yaş terbiye işlemlerinde uzun süreli çalışma, yüksek miktarlarda kimyasal madde kullanımı ve böylece enerji tüketiminin de fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ultrason enerjisinin kullanılarak tekstil materyallerine kütle transferinin hızlandırılabilceğini ve bunun etkili bir yöntem olabileceğini rapor etmişlerdir [73].

Yachmenev *et al.*. 2004 yılında yaptıkları çalışmada ham pamuklu kumaşların üzerinde bulunan ve selülozik olmayan hidrofobik yapıya sahip vaksları, pektinleri, proteinleri ve yağları uzaklaştırmak için tekstil endüstrisinde yeni bio-işlemlerden bahsetmişler, Ultrason enerjisini enzim prosesleri ile kombine ederek ham pamuğun daha ekonomik ve çevreci bir şekilde terbiye işlemlerinin yapılabileceğini rapor etmişlerdir [74].

Merdan *et al.*. 2004 yılında yaptıkları çalışmada ultrason enerjisini kullanarak poliamid/Lycra karışımı örme kumaşın üç farklı reaktif boya ile boyanmasını incelemişler

ve geleneksel yöntemler ile boyanmış kumaşlarla karşılaştırma yapmışlar, boya banyosundan kumaşa transfer olan boyarmaddenin geleneksel yöntemlere göre daha fazla olduğunu ve haslıklarının da daha iyi olduğunu bildirmişlerdir [75].

Mistik *et al.*. 2005 yılında yaptıkları çalışmada ultrason enerjisini kullanarak pamuklu kumaşların ağartmasında hidrojen peroksiti farklı konsantrasyonlarda kullanmışlardır, elde edilen sonuçları geleneksel yöntemler ile elde edilen kumaşlarla karşılaştırmışlar, ultrasonun alternatif bir metot olabileceğini bildirmişlerdir [76].

Duran vd. 2006 ve 2007 yılında yaptıkları derleme çalışmasında ultrason teknolojisiinden bahsetmişler ve çevre dostu bir teknoloji olarak, özellikle geleneksel olarak yıkama işlemlerinde fazla miktarda enerji ve su tüketiminden bahsederek, ultrasonik yıkama yöntemleri kullanılarak tekstil terbiyesinde daha etkili ve ekonomik proseslerin mümkün olabileceğini rapor etmişlerdir [15, 49, 68].

Basto *et al.*. 2007 yılında *lakkaz* enzimini ultrason enerjisi ile birleştirerek pamuklu kumaşların ağartılması üzerine çalışmalar yapmışlar, yapılan bu kombinasyon ile pamuklu kumaşın yapısında bulunan doğal rengin işlem sonunda uzaklaştığını, geleneksel metotlar ile yapılan ağartma işlemlerine nazaran bahsi geçen metotla beyazlığın daha fazla arttığını bildirmişlerdir [77].

Vankar *et al.*. 2008 yılında *Acacia catechu* ve *Tectona grandis* olarak adlandırılan doğal boyarmaddeleri kullanarak çevre dostu bir yöntem olarak adlandırılan ultrason enerjisini kullanarak pamuklu kumaşları boyamışlar, pamuklu kumaşa boyama öncesinde *protease*, *α -amylase*, *lipase* ve *diaesterase* enzimlerini kullanarak ön terbiye işlemine tabi tutmuşlar, karşılaştırma içinde farklı mordan maddeleri ile mordanlama işlemi yapmışlar özellikle ultrason enerjisi kullanılarak yapılan boyama işlemleri sonunda yıkama ve ışık haslıklarının geliştiğini rapor etmişlerdir [78].

Kamel *et al.*. 2005, 2007, 2009 ve 2011 yıllarında yaptıkları ayrı çalışmalarda ultrason enerjisini kullanarak pamuklu, yünlü ve katyonize edilmiş pamuklu kumaşları, farklı doğal boyarmaddeler ile boyanabilirliklerini incelemişler, geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyamalar ile karşılaştırmışlar, ultrason metodu için uygun boyama süresi, sıcaklık ve pH gibi çalışma parametrelerini optimize ederek, boya çekiminin ultrason enerjisi ile daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [79, 80, 81, 82].

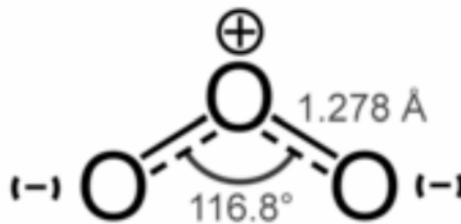
Abou-Okeil *et al.* 2010 yılında yaptıkları çalışmada keten kumaşların *Lakkaz* enzimini ve hidrojen peroksidi kombine ederek ultrason enerjisi ile enzimatik olarak ağartma işlemlerini gerçekleştirmişler, böylece yüksek düzeyde beyazlık etkisi, mukavemet değerlerinin de korunduğunu, ayrıca bu kumaşları reaktif ve katyonik boyalar ile boyayarak boya çekiminde de yüksek verim elde edilebileceğini bildirmişlerdir [83].

Bahtiyari *et al.* 2013 yılında yaptıkları çalışmada ham yünün pişirilmesinde ultrason enerjisini kullanmışlar, yünde bulunan safsızlıkları uzaklaştırmak için beş farklı yıkama adımını ultrason dalgalarını kullanarak ve kullanmadan gerçekleştirmişler, ve sonuç olarak ultrason enerjisinin pişirme proseslerinde çok etkili olduğunu, yünde bulunan kirliliklerin daha iyi uzaklaştırıldığını ve daha yüksek beyazlık derecesi elde edildiğini bildirmişlerdir [84].

Czaplicki *et al.* 2014 yılında yaptıkları çalışmada *Alpaka* yünü ultrason enerjisini kullanarak pişirme işlemini gerçekleştirmişler, ultrason enerjisi kullanılarak yapılan çalışmalar sonunda daha düşük miktarlarda kimyasal madde tüketilebileceğini ve daha az elyaf hasarı meydana gelebileceğini bildirmişlerdir [85].

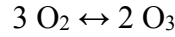
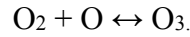
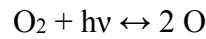
1.3.3. Ozon/Ozonizasyon Prosesleri

Ozon ilk defa 1840 yılında Alman bir bilim adamı olan *Schonbein* tarafından yeni bir madde olarak açıklanmıştır. Açık mavi renkli, keskin kokulu tahriş edici bir gazdır. Yunanca bir kelime olan *Ozein*’den yani kokmak anlamına gelmektedir. İnsanlar 0,01 ppm den sonra fark ederler, bir molekül ozon üç oksijen atomundan meydana gelmiştir (Şekil 1.8.). Gaz halindeki ozon yüksek aktiviteye sahip olup, iritasyona neden olan oksitleyici bir maddedir [86].



Şekil 1. 27. Ozon gazının molekül yapısı [86, 87, 88]

Ozon gazı aşağıdaki reaksiyon ile atmosferde meydana gelir. Oksijen molekülündeki O-O bağı güneş ışıklarının 240 nm dalga boyunda kırılırlar ve atomik oksijen meydana gelir. Oksijen molekülü ile meydana gelen oksijen atomu birleşerek ozonu meydana getirir. Meydana gelen ozon gazı stabil değildir. Yarılanma ömrü havada normal sıcaklıkta 16-20 saattir, su içinde ise 15-30 dakikadır. Oksijen molekülünün parçalanarak, oksijen atomunun meydana gelmesi aşağıdaki kimyasal denklemlerle gerçekleşmektedir.



$$\Delta H \text{ } 101 \text{ kPa} + 284.5 \text{ kJ} \times \text{mol}^{-1}$$

Ozon gazının yüksek oksidasyon (2,07 mV) potansiyelinden dolayı yüksek oksitleyici bir maddedir. Tablo 1.4’de diğer oksitleyici maddeler ile oksitleme kapasiteleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. 12. Seçilmiş bazı oksitleyici maddelerin oksidasyon güç karşılaştırması [89]

Oksitleyici Türleri	Oksidasyon Gücü (mV)	Oksitleyici Türleri	Oksidasyon Gücü (mV)
Florin	3.03	Klordioksit	1.50
Hidroksit radical	2.80	Hipoklorik asit	1.49
Atomik Oksijen	2.42	Hipoiodik asit	1.45
Ozon	2.07	Klor	1.36
Hidrojen peroksit	1.77	Brom	1.09
Permanganat	1.67	Iyot	0.54
Hipobromik asit	1.59		

Ozon Gazının Fiziksel Özellikleri:

Standart şartlarda;

$P = 1013,25 \text{ MB}$, $T = 273,3^\circ\text{K}$

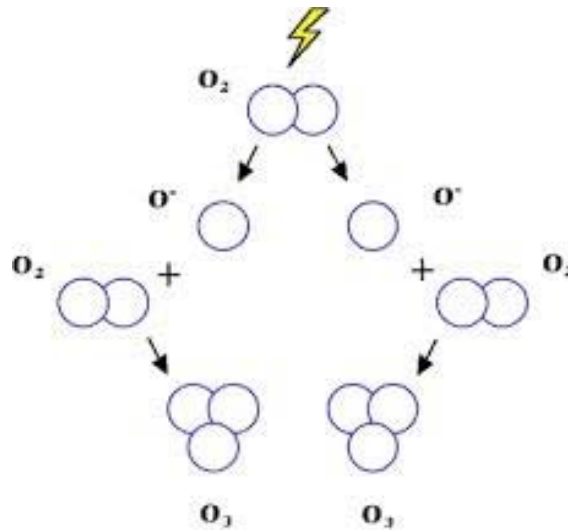
Ozonun yoğunluğu : $2,14 \text{ kg/m}^3$

Oksijenin yoğunluğu : $1,43 \text{ kg/m}^3$

Havanın yoğunluğu : $1,29 \text{ kg/m}^3$

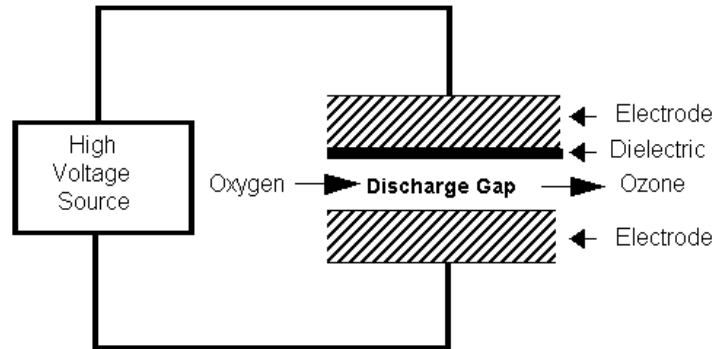
Suyun yoğunluğu : $1,00 \text{ kg/m}^3$

Ozon üretiminde kullanılan en yaygın metot “Corona Discharge” yöntemidir (Şekil 1.10). Şekil 1.8 ve 1.9’da verildiği gibi oksijen molekülü ve atomundan ozon gazının üretilmesi görülmektedir.



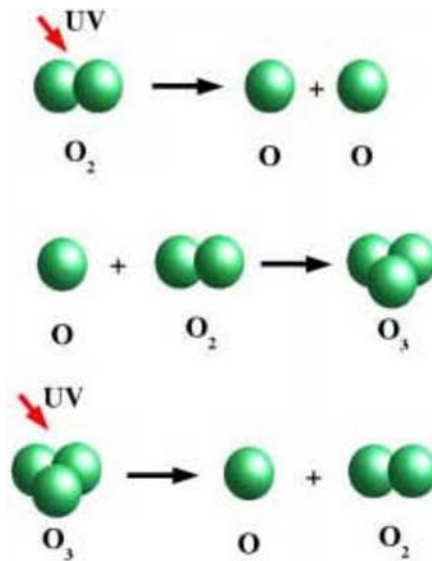
Şekil 1. 28. Corona Discharge yöntemine göre ozon gazı üretimi şeması [90]

Oksijen gazı yüksek enerjiye sahip iki elektrot arasından geçirilirken oksijen molekülünü meydana getiren oksijen atomları birbirinden ayrılarak açığa çıkan oksijen atomu ortamda bulunan oksijen molekülü ile birleşerek ozon gazını meydana getirmektedir. Ozon çok stabil olmadığı için uygun ortamda yeniden bağlanan oksijen atomu yapıdan ayrılarak oksijen molekülüne dönüşmektedir.



Şekil 1. 29. Corona Discharge metoduna göre ozon üreten tipik bir ozon jeneratörü şeması [91]

Ozon gazı doğada da oluşabilir. Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun (görünür ve uzun dalga boylu) etkisiyle olmaktadır. Şekil 1.11’da görüldüğü üzere ultraviyole’nin etkisiyle atmosferde oksijen molekülü (O_2) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir. Daha sonra bu serbest haldeki oksijen atomları (O) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle (O_2) birleşerek ozon molekülünü (O_3) oluşturmaktadırlar. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır [23].



Şekil 1. 30. Ozonun oluşum seması

Ozonun parçalanmasını etkileyen önemli parametrelerin başında ortam sıcaklığı ve pH gelir. Ortam sıcaklığının artması ile ozonun parçalanma hızı artmaktadır. Örneğin oda sıcaklığında ozonun yarılanma ömrü hızı 20-100 saat arasında değişirken sıcaklık 120°C'ye çıktığında yarılanma ömrü 11-112 dakikaya 300-350°C'de ise 5 saniyeye düşmektedir. Bundan dolayı pamuğun ağartmasının ozonla yapıldığı bir çalışmada 50°C' de çalışmak yerine oda sıcaklığında çalışmanın daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Diğer önemli bir faktör de ortam pH'ıdır. Asidik pH ile ozon daha etkin olurken bazik ortamda ozonun etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir. Adams ve Gorg'un 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada renkli materyallerdeki kromoforik bağların ozon ile parçalanmasında düşük pH değerlerinin daha etkili olduğunu, aynı şekilde pamuğun ozonla ağartmasında da bazik ortam yerine asidik ortamda çalışmanın daha iyi sonuçlar verdiğini bildirilmiştir [92].

Güzel-Seydim *et al.*'un 2004 yılında yaptıkları çalışmada ozon gazının sudaki çözünürlükleri hakkında bildirdikleri Tablo 1.5'de verilmiştir. Ozon gazının farklı sıcaklıklardaki suda çözünürlükleri verilmiştir. Çözünürlüğün sağlandığı suyun sıcaklığı arttıkça ozon gazının da çözünürlüğü azalmaktadır. Çözelti sıcaklığı 60°C'ye ulaştığında ise ozon gazının çözünürlüğü tamamen sonlanmaktadır [93].

Tablo 1. 13. Ozonun farklı sıcaklıklardaki sudaki çözünürlüğü [93]

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (litre ozon/litre su)
0	0,640
15	0,456
27	0,270
40	0,112
60	0,000

Ozonun güçlü oksidatif özelliği nedeniyle ekolojik olarak çok farklı alanlarda kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu alanlar; kimya, kozmetik, ilaç, parfümeri, selüloz, kağıt, şeker, çöktürme, veteriner ilaçları, tarım, tekstil, gıda sanayi gibi endüstri dallarıdır [88].

Ozon ağartma maddesi olarak ilk defa 1871 yılında ağaçların ağartılmasında kullanılmıştır, fakat kağıt endüstrisinde ozonun faydaları daha sonraları ortaya çıkmıştır [87]. Ozon gazı kullanılarak yapılan ağartma işlemlerinin maliyetlerinin klordioksit kullanılarak yapılan ağartmalardan 1.2 ile 1.5 kat daha ucuza mal edildiği bildirilmektedir [94].

Ozon gazının özellikle de tekstil endüstrisinde kullanılması ile ilgili olarak yapılan çalışmaların bazıları şu şekilde özetlenebilir;

Balousek 1979 yılında liginin ağartılması için ozon gazının kullanılması ve ozon gazının vermiş olduğu çeşitli kimyasal reaksiyonlar hakkında çalışmalar yapmıştır [87].

Prabaharan *et al.* 2001 yılında ozonu ham pamuklu dokumanın ağartılmasında kullanmış ve kumaşın nem miktarının ve pH düzeyinin çok önemli olduğunu bildirmiştir. %24 nem oranı ve pH'ın 7 olduğu ağartma ortamında minimum elyaf hasarı ve maksimum beyazlığın elde edilebileceğini, haşıl sökme, pişirme gibi adımların atlanarak enerji, kimyasal madde gibi tasarruf edici adımların sağlanabileceğini rapor etmişlerdir [95].

Sevimli *et al.* 2002 yılında tekstil ön terbiye atık sularını ve boya banyolarındaki renklerin giderilmesi üzerine çalışmalar yapmışlar ve uygun şartlar altında ozon gazı kullanılması ile tekstil atık su banyolarının % 95-97 oranında giderilebileceğini bildirmişlerdir [96].

El-Zaher *et al.* 2002 yılında yaptıkları çalışmada yünlü kumaşları Ultraviolet (UV) ve ozon gazını kombine ederek farklı periyotlar da çalışmalar yapmışlar, uygulama sonunda yünlü kumaşların boyanabilme ve basılabilme yeteneklerinin geliştiğini rapor etmişlerdir [97].

Prabaharan *et al.*, 2003 yılında ham kumaş üzerinde haşıl sökme, pişirme ve ağartma işlemlerini ozon gazını kullanarak birlikte gerçekleştirebileceğini bildirmişlerdir ve geleneksel yöntemler ile hidrojen peroksit ağartması yapılan kumaşların mekanik, kimyasal ve boyama özelliklerini karşılaştırılmışlar, minimum elyaf hasarı ile yüksek beyazlık dereceleri elde etmişler ve bu yeni yöntem ile enerji, su ve kimyasal madde sarflarının azalabileceğini bildirmişlerdir [98].

İnkaya vd. 2007 yılında yaptıkları çalışmada enerji ve su tüketiminin fazla olduğu pamuklu tekstil mamullerinin ön terbiyesinde enzimatik ağartma proseslerinin hidrojen

peroksit ağartma yerine geçip geçemeyeceği üzerine denemeler yapmışlar ve saf *lakkaz* enziminin mediatör ve ozon gazı ile kombine edilerek yapılan denemelerinde pamuklu kumaşların beyazlık derecelerinin oldukça yükseldiğini bildirmişlerdir [100].

Perincek *et al.*. 2007 yılında pamuklu kumaşların ağartılmasında ozon gazının yüksek oksitleme kapasitesinden yararlanarak ağartma çalışmaları yapmışlar, çok kısa bir sürede pamuklu kumaşların ağartılabileceğini, aynı zamanda ozonlama etkisinin oda sıcaklıklarında daha etkili olabileceğini bildirmişler [101].

Perincek *et al.*. 2008 ve 2011 yıllarında yaptıkları çalışmada Angora Tavşan yünün için yeni bir kasar tekniği ve bu tekniği ultrason ile kombine ederek yeni denemeler yapmışlar, elyafın nemini, pH'ını ve ozon gazı uygulama süresini inceleyerek daha sonrasındaki boyama özelliklerini de araştırmışlar ve ozon işleminin Angora yününün beyazlık derecesini artırdığını, boyama kabiliyetinin geliştiğini rapor etmişlerdir [102,103].

Gülümser vd. 2009 yılında yaptıkları çalışmada yün liflerinin ağartılmasında ozon gazının kullanılmasını araştırmışlar ve yünün ön terbiyesinde ozon gazının kullanılmasının uygun olabileceğini, ozonlama süresine bağlı olarak beyazlık derecesinin arttığını, düşük sıcaklıklar da daha başarılı olduğunu, asidik ortamlarda çalışılması durumunda geleneksel yöntemlerle elde edilen beyazlık derecelerinden daha yüksek değerlerin elde edilebileceğini bildirmişlerdir [104].

Atav *et al.*. 2011 yılında Mohair elyafının boyanabilirliğini geliştirmek için ozonlama işlemleri üzerine çalışmalar yapmış olup, ozon gazı işlem süresi, ozon konsantrasyonu, ortam pH'ı gibi parametreleri incelemişler, optimum çalışma şartlarının % 60 nem, pH=7 ve ozonlama sürenin ise 30 dakika olması gerektiğini ve Mohair elyafının bu çalışma şartları sonunda daha iyi boyamalar elde edilebileceğini bildirmişlerdir [105].

Eren ve Ozturk 2011 yılında yaptıkları bir çalışmada pamuklu dokuma kumaşların ozon gazı ile ağartılmasını incelemişlerdir. Haşılı sökülüş ve pişirilmiş %100 pamuklu kumaşı ozon gazı ile ağartmışlar ve geleneksel hidrojen peroksit ağartması ile karşılaştırmışlardır. Ozon gazı ile ağartılan numunelerin beyazlık derecelerinin 81 stensby'a ulaşabileceğini bildirmişlerdir [106].

Eren *et al.*. 2012 yılında yaptıkları bir diğer çalışmada ozon gazının temizleme özelliklerini incelemişler, özellikle poliester kumaşların dispers boyalar ile boyanmadan

önce ozon gazı ile ön temizleme yapılarak farklı dispers boyalar ile oda sıcaklıklarında boyamalar yapılarak boyama işleminin enerji tüketimini azalttığını, zamandan tasarruf edildiğini ve ozon gazı uygulamasının da kumaş üzerinde herhangi bir hasara neden olmadığını bildirmişlerdir [107].

Shawaqfah *et al.*. 2012 yılında yaptıkları çalışmada içinde reaktif ve direkt boyaların bulunduğu tekstil atıklarındaki renkleri uzaklaştırmak için atık suları ozon gazı ile muamele etmişler ve yüksek oranda atık suların bünyesinde bulunan boyaların renklerinin giderilebildiğini, direkt boyaların reaktif boyalara nazaran daha çok uzaklaştırıldığını rapor etmişlerdir [108].

Avinc *et al.*. 2012 yılında Soya lifinin ozon gazı ile muamelesini farklı sürelerde incelemişler, karşılaştırma yapmak için hidrojen peroksit ağartması sonuçlarını kullanmışlar, ozonlama ile soya liflerinin daha yüksek bir ağartma etkisi elde edilebileceğini bildirmişlerdir [109].

Perincek *et al.*. 2013 yılında keten kumaşların ağartılmasında ozon gazının kullanılması üzerine çalışmalar yapmışlar, farklı sürelerde ozon gazı ile muamele edilmiş ketenleri, farklı şartlar altında hidrojen peroksit ağartmasına tabi tutmuşlar ve böylece hidrojen peroksit ağartmasından önce 15 dakika ozon gazı ile muamele edilmesi ile iyi derecede beyazlık ve kimyasal maddelerden de tasarruf edilebileceğini bildirmişlerdir [110].

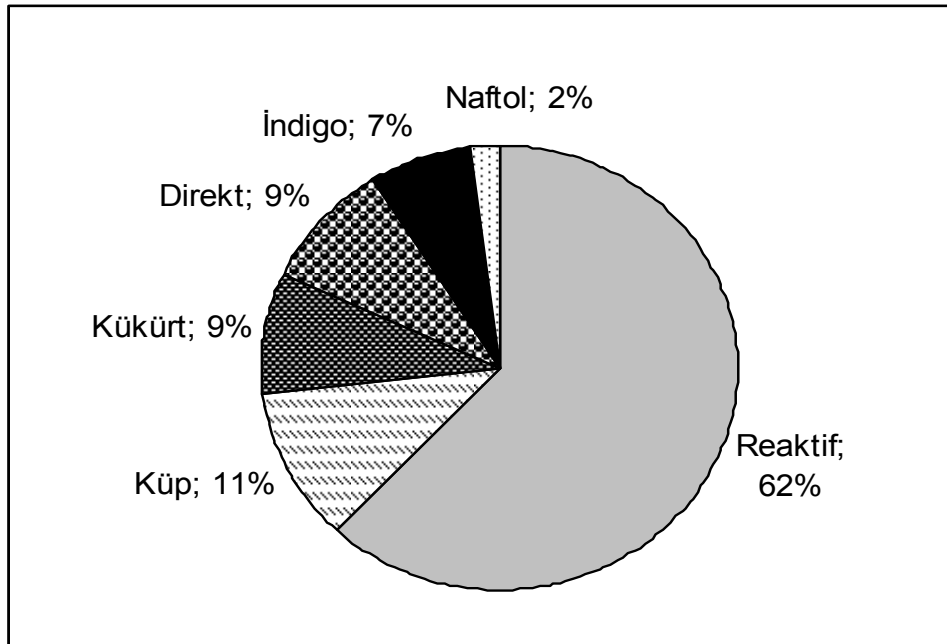
Genel olarak değerlendirilecek olursa günümüzde birçok bilim insanı ve çeşitli kuruluşlar çevreye zarar vermeden üretim işlemlerinin gerçekleştirilmesi için çaba harcamaktadırlar. Bu bağlamda; Moore *et al.*. 2004 yılında yaptıkları derleme çalışmasında Birleşik devletlerdeki tekstil endüstrisinin çevreye verdiği toksik atık maddelerden bahsederek, çevreye verilen bu atıkların çözümü için bazı önerilerde bulunmuşlar. Çevreye zarar veren tekstil kimyasalları yerine daha çevre dostu kimyasal maddelerin kullanılması gerektiği üzerine temel önerileri rapor etmiştir [99].

1.4. Boya Bitkileri/Doğal Boyamacılık

Doğal boyalar ve boyamacılık yöntemleri hakkında detaylı bilgiler ilerleyen bölümlerde detaylı bir şekilde sunulmuştur. Ancak günümüzde yoğun olarak da sentetik boyalar kullanılmaktadır. Sentetik boyalar hakkında kısaca bilgi verilmesi uygundur.

1.4.1. Sentetik boyalar

Ham pamuk içerdiği yağ ve mum gibi maddeler nedeniyle boya çözeltisi tarafından zor ıslatılabilir ve bunun sonucu olarak düzgün olmayan ve lifin içine nüfuz etmemiş bir boyama meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, boyama öncesi pamuk liflerinin göreceği ön terbiye işlemleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle mamülün iyi bir ıslanma ve emme özelliği kazanmasını sağlamak şarttır. Düzgün ve yeterli ön terbiye işlemi görmemiş olan pamuğun düzgün boyanamayacağı unutulmamalıdır. Selüloz lifleri alkaliye karşı stabil olup, asitlere karşı ise hassastır. Bu nedenle selülozik liflerin boyanmasında genellikle nötral yada alkali ortamlarda çalışılmaktadır. Selüloz liflerinin boyanmasında kullanılan boyarmaddeler ve bunların kullanım oranları Şekil 1.12’de verilmektedir. Reaktif boyarmaddeler, selüloz esaslı liflerin ve karışımlarının boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfını oluşturmaktadır. Pamuklu malzemelerin boyanmasında genellikle direkt, küp, kükürt ve reaktif boyarmadde sınıfları kullanılmaktadır [111]. Bu boyarmadde sınıfı selüloz boyamacılığında yaklaşık % 62 gibi önemli bir paya sahiptir. Türkiye’de Reaktif boyarmadde kullanımıyla ilgili kesin veriler olmamasına rağmen, dünya ortalamasının üzerinde yani %70’ler civarında olduğu tahmin edilmektedir [112].



Şekil 1. 31. Selüloz liflerinin boyanmasında kullanılan boyarmaddeler [112]

Yüksek yaş haslıkları, geniş renk paleti ve çok sayıdaki boyama yöntemine uygunluk gibi avantajları nedeniyle reaktif boyarmaddeler, selüloz esaslı liflerin ve karışımlarının boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfını oluşturmaktadır. Ancak reaktif boyarmaddelerin substantiflikleri genelde düşük olduğu için, flotteye fazla miktarda (50-100 g/l) tuz ilavesi yapılmaktadır [112].

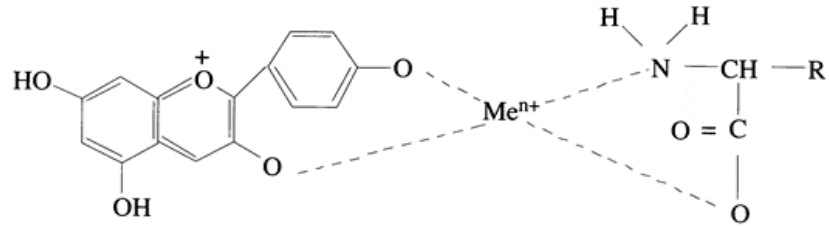
Kullandığı büyük miktarda su ile boyahaneler diğer endüstriler arasında en çok su tüketenlerden biridir ve yaklaşık bir kilogram tekstil ürünü üretmek için harcanan su miktarı 95 ile 400 litre arasında değişebilmektedir [113,114]. Klasik bir pamuklu terbiyesinde gerekli olan yüksek miktardaki su için işletmeler genellikle kuyu suyunu tercih etseler de nihayetinde dünya için sınırlı olan kullanılabilir su miktarının azalmasına neden olunmaktadır.

Örneğin; reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda boyarmaddenin substantifliğine, boyama koyuluğuna ve flotte oranına bağlı olarak yaklaşık 10-100 g/l tuz, direk boyarmaddelerle çalışmada yine rengin açık ve koyuluğuna göre yaklaşık 10-30 g/l tuz kullanılmaktadır. Bu bağlamda; sentetik boyarmaddeler kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde aşırı miktarda su ve kimyasal madde kullanılmaktadır [115]. Bu veriler göz önüne alındığında tekstil terbiye proseslerinde kullanılabilir temiz su tüketiminin çok da sürdürülebilir bir iş olmadığı ortaya çıkmaktadır. Bu gibi olumsuz sayılabilecek durumlara karşı tez çalışması kapsamında çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

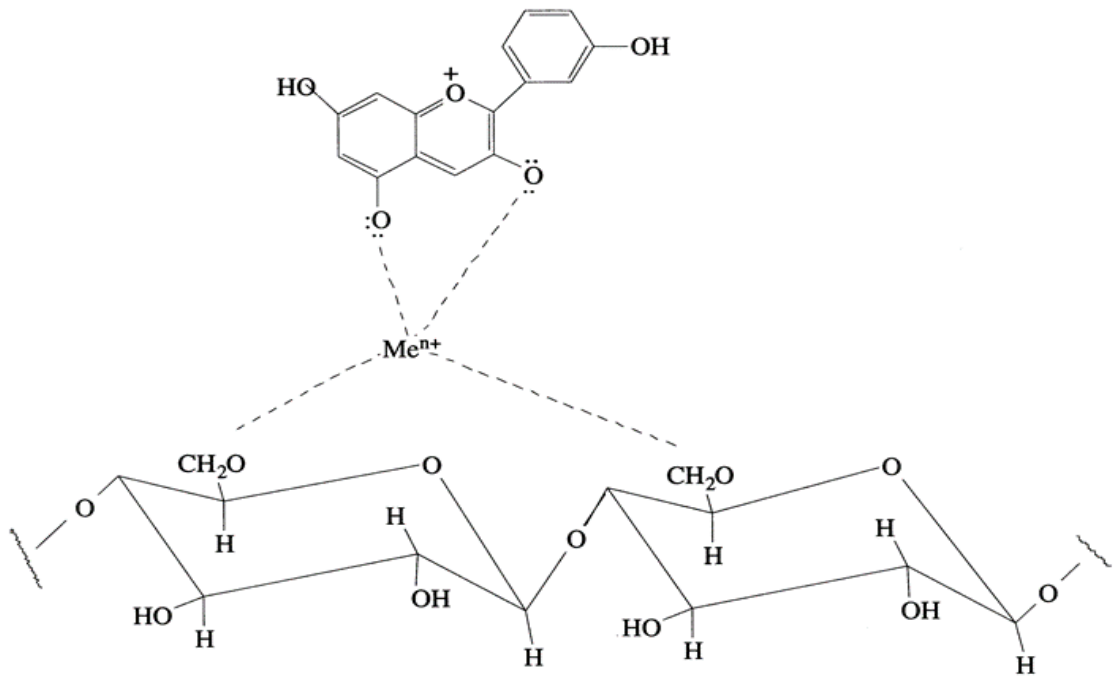
1.4.2. Doğal boyalar

Doğal boyamacılıkta boyarmadde kaynağı olarak tarihte ilk önce bazı taş, toprak ve maden çeşitleri ile bazı yumuşakça ve böcek türleri kullanılmıştır. Fakat temininde yaşanan sıkıntılar ve bitkilerdeki renk çeşitliliğinin farkına varılması ile bitkisel kaynaklardan üretilen boyaların kullanılması kısıtlı kalmıştır [116]. Sentetik boyalar keşfedilene kadar doğal kaynaklar kullanılmıştır. Sentetik boyaların en önemli kaynakları petrol esaslı maddelerdir ve birçoğu zararlı kimyasallar olarak bilinmektedir. Son yıllarda birçok ticari kuruluş farklı tekstil materyallerinin renklendirilmesinde doğal boyaları kullanarak boyama ve baskı işlemlerini yapmaktadırlar. Günümüzde doğal boya üretimi çok yaygın değildir. Sentetik boyalar hem ekonomik hem de çok farklı renk paletine sahiptirler fakat alerji gibi insan vücuduna zarar veren toksik maddeler üretmektedir.

Doğal boya demek; bitki, hayvan ve mineral gibi doğal kaynaklardan elde edilen boyaların tamamı için yapılmış bir tanımdır [117]. Doğal boyalar çoğunlukla substantif değildir ve genellikle metal tuzları olarak bilinen mordan maddelerinin yardımı ile tekstil materyaline uygulanmalıdır. Metal tuzları boya ile materyal arasında koordinatif bir bağ oluşturarak doğal boyanın renkli kısmı tekstil materyaline bağlanmış olur [118]. Şekil 1.13’de doğal boyarmaddelerin metal tuzları üzerinden yüne ve pamuğa bağlanma şekli verilmiştir [119].



(a)



(b)

Şekil 1. 32. Boyarmaddenin metal üzerinden (a) yüne, (b) pamuğa bağlanması [119]

Bitkilerde yaygın olarak bulunan ve ikincil metabolizma ürünü olarak ifade edilen fenolik bileşikler; fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar [120]. Bunlardan flavonoidler, bitkilerin renkleri ile ilişkili ve sorumludurlar. Bunun yanında flavonoidlerin üretimi bitkileri ışığa karşı koruma, antioksidan, antifungal ve antimikrobiyal özellikler sağlamaktadır [121]. Nitekim bugün bitkilerin antimikrobiyal etkilerinin doğal boyarmadde kaynağı olarak kullanımı ile tekstil yüzeylerine aktarılması üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Bahtiyari ve arkadaşları, 2012’de sundukları çalışmada kekiğin yün boyamacılığında kullanılabilirliğini göstererek, kekik ile iyi bir antimikrobiyal aktivitenin sağlanabileceğini bildirmişlerdir [122]. Benzer şekilde başka bir çalışmada dört doğal boyarmadde *Acacia catechu*, *Kerria lacca*, *Quercus infectoria*, *Rubia cordifolia* ve *Rumex maritimus* test edilmiş ve en iyi antimikrobiyalite sonucunun *Quercus infectoria* (mazı meşesi) ile elde edilebileceği bulunmuştur [123]. Gupta ve arkadaşları 2004 yılında ise 11 doğal boyayı test etmişler ve özellikle ceviz kabuğu ile etkili bir antimikrobiyaliteğin test edilen bakterilere karşı sağlanabileceğini göstermişlerdir [20].

1.4.2.1. Doğal boyaların avantaj ve dezavantajları

Son yıllarda, doğal boyama zanaatı yeniden diriltilmeye çalışılmaktadır. Bunun en önemli sebebi doğal boyaların sentetik boyalara karşı bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantaj ve dezavantajlar şu şekilde açıklanmaktadır.

Doğal boyaların avantajları

- 1) Doğal boyalar ile üretilen renk tonları genellikle soft ve yumuşak tonlardır.
- 2) Doğal boyarmaddeler karıştırılarak çok geniş bir renk paleti oluşturulabilir. Aynı boyarmadde kaynağı ile farklı mordan maddesinin kullanılması renk gamını değiştirir, yeni renklerin elde edilmesini sağlar. Bu durum sentetik boyalar için geçerli değildir.
- 3) Doğal boyarmaddeler ile seçkin renkler elde edilebilir.
- 4) Sentetik boyaların temel hammaddesi yenilenebilir değildir, doğal boyalar genellikle yenilenebilir, bitki esaslı ve aynı zamanda da biyolojik olarak parçalanabilir özelliktedir.

- 5) İndigo gibi boyama sonundaki proses atıkları tarım alanlarında ideal bir gübre olarak kullanılabilir. Aynı zamanda bu doğal atıkların bertaraf edilme problemleri de yoktur.
- 6) Birçok bitki tarım dışı alanlarda büyüyüp gelişebilir. Bu alanlar doğal boyalar için ideal bölgelerdir. Örneğin, *kök boya* 'nın yetişmesi için özel bir çaba veya maliyete gerek yoktur.
- 7) Bu boyaların tekstil, gıda, deri vb. alanlarda uygulanması, ekstraksi, emek yoğun bir iş olduğu için iş imkanı doğurmaktadır.
- 8) Doğal boyaların kullanılması, petrol esaslı sentetik boyaların kullanımına azaltacaktır.
- 9) Doğal boyaların içeriği anti-alerjiktir, temas ettiği deriyi korur ve çoğunlukla insan sağlığı için tehlikeli değildir.
- 10) Doğal boyaların bazıları zamanla renkleri parlarken, sentetik boyalar ise solar.
- 11) Doğal boyaların renkleri akar fakat diğer kumaşları lekelemezler, Zerdeçal bitkisi bu durumun bir istisnasıdır.
- 12) Doğal boyaların genellikle güve yemez özelliği vardır ve çocuk kıyafetlerinde sentetik boyaların yerine kullanılabilir ve gıda maddeleri için güvenlidir.

Doğal boyaların dezavantajları

- 1) Doğal boyalar ile aynı rengi tekrar tekrar elde etmek zordur, bitkinin tarım alanı, mevsimsel değişimler, türe bağlı farklılıklar, olgunlaşma periyodları bu duruma izin vermez.
- 2) Doğal boyaları kullanmak için standart bir reçete oluşturmak zordur, yalnız doğal boyama prosesi ve onun rengine bağlı değil aynı zamanda materyale de bağlıdır.
- 3) Doğal boyama yapacak kişi hünerli olmalıdır ve buda bir maliyet getirir. Doğal boya kaynağının düşük renk verimi, daha çok boyarmadde kullanımını gerektirir. Uzun boyama süreleri söz konusudur.
- 4) Doğal boyama işlemlerini içeren bilimin hala keşfedilmeye ihtiyaç duyduğu büyük bir alan vardır.
- 5) Uygun ekstraksiyon ve boyama teknikleri üzerine bilgi eksikliği vardır.
- 6) Boyalı tekstil materyali güneş ışığına, tere ve havaya maruz kaldığında renk değişimi olabilir.

- 7) Bir kaçı hariç hemen hemen bütün doğal boyalar modan maddeleri ile materyale bağlanırlar.
- 8) Doğal boyaların çoğu bir mordan maddesi ile bağ yaparak uygulanır. Modern tekstil uygulamalarında yeterli bir haslık performansı göstermezler.

1.4.2.2. Doğal boyaların sınıflandırılması

Doğal boyalar çok farklı sayıda sınıflandırılabilir. İlk sınıflandırmalar alfabetik veya bitkinin botanik ismi ile yapılmıştır. Sonraki sınıflandırmalar ise, kimyasal yapısı, uygulama sınıfı, renk tonu ile yapılmıştır. Doğal boyalar,

- Bancroft tarafından iki grupta sınıflandırılmıştır. Bunlardan birincisi; “Sunstantif boyalar” ki bunlar içerisine indigo, zerdeçal gibi elyafı direk olarak boyayan boyalar içerir, ikincisi ise, “Mordan boyalar” olup bunlar içerisine de kök boya girer ve metal tuzları ile mordanlamak suretiyle elyafı boyarlar.
- Humme ise boyarmaddeye göre sınıflandırma yapmıştır. Bunlar; Monogenetik boyalar ve Poligenetik boyalardır. “Monogenetik boyalar” elyaf üzerinde mordan olup olmadığına bakmaksızın boya ile birlikte uygulanır ve “Poligenetik boyalar” ise farklı mordan maddeleri ile farklı renkler elde edilir.
- Doğal boyalar CI (Color Index)’deki renk tonuna göre de sınıflandırılır. Tablo 1.6’de her bir rengin boya numarası verilmiştir.

Tablo 1. 14. Doğal boyaların CI ve renk dağılımı

CI Natural	Boya No	Yüzde
Sarı	28	30.4
Oranj	6	6.5
Kırmızı	32	34.8
Mavi	3	3.3
Yeşil	5	5.5
Kahverengi	12	13
Siyah	6	6.5

Renk tonuna göre doğal boyaların sınıflandırılması

- **Kırmızı renkli boyalar:** Birçok kırmızı boya bitkilerin köklerinde veya kabuklarında ve donuk gri renkli böceklerin bedenlerinde kamufle olarak gizlenmiştir. Bunların hemen hemen hepsinin kimyasal yapısında Antrakinin ve türevleri bulunmaktadır. Bu boyalar ışığa ve yıkamaya karşı stabildir.
- **Sarı renkli boyalar:** Sarı canlı bir renktir ve belki de doğada en bol bulunan renk tonlarıdır. Sarı boyaların yapısında yaklaşık olarak % 90 flavonoid vardır. Genellikle bunlardan zerdeçal hariç açık renk tonları elde edilir. Işığa karşı duyarlıdır ve florasan renkleri açığa çıkartırlar. Sarı renkli doğal boyaların yıkama haslıkları kötüden mükemmel kadar farklı aralıklarda değişmektedir.
- **Mavi renkli boyalar:** İndigo ve Çivitotu mavi renkli boyalardır, mükemmel ışık ve yıkama haslıklarına sahiptirler.
- **Siyah renkli boyalar:** Siyah tonlar genellikle, *Tanin* açısından zengin olan doğal boya bitkilerinden elde edilir ve iyi haslık özellikleri göstererek selülozik ve protein elyafına karşı dikkate değer biçimde substantif boyalardır.

Menşeyine göre ise doğal boyalar üç sınıfa ayrılırlar: Bunlar; bitkisel, mineral ve hayvansal esaslı boyalardır. Bitkisel esaslı yaklaşık 500 boya bitkisi vardır ve bunlar bitkilerin kök, kabuk, gövde ve meyvelerinden elde edilir. Tablo 1.7’de bitkilerin farklı kısımlarından elde edilen boyalar görülmektedir [118].

Tablo 1. 15. Farklı bitki ve kısımlarından elde edilen boyarmaddeler

Bitki bölümü	Boyarmaddeler
Kök	Zerdeçal, Kök boya, Soğan, Pancar kökü
Kabuklar/Dallar	Purple bark, Sappan wood, Shillicorai, Khair, Red, Sandal ağacı
Yaprak	İndigo, Kına, Okaliptus, Çay, limon otu, Yasemin (Coral Jasmine), Kakule (Cardamon)
Çiçekler	Kadife çiçeği (Marigold), Dahlia, Tesu, Kusum
Meyveler/Çekirdek	Nar Kabuğu, Latkan, Beetle nut, Myrobolan (Harda)

Mineral esaslı renklendiriciler doğadaki farklı minerallerin türevleridir, bunlar renkli mineraller olarak da adlandırılan saf inorganik bileşiklerinden elde edilir. Önemli renkli minerallerin bazıları şunlardır; krom-sarısı, demir-devetüyü, narkin-sarısı, Prusya-mavisi ve mangan-kahvesidir. Hayvansal esaslı boyalar ise; cochineal ve kermes gibi böceklerden elde edilir.

Kimyasal yapılarına göre doğal boyaların sınıflandırma

İndigoid boyalar: Bu sınıfın en tanınmış örneği indigo ve purpurdur. Bir diğer mavi boya ise çivitotudur ve temel boyama esası indigo'ya benzer.

Antrakinin boyalar: Hem bitki hem de hayvansal esaslı kırmızı doğal boyaların hemen hemen hepsinin yapısında antrakinoid vardır. Kökboya, kermes, cochineal bu tip yapıya sahip boyalardan bazılarıdır.

Alfaantrakinin boyalar: Bu sınıfın en önemli üyesi anavatanı Hindistan ve Mısır olan Kına'dır. Bir başka benzer boya ise ceviz kabuğu'dur. Bu boyalar genellikle dispers boyalardır ve oranj tonlarda renkler verirler.

Flavonoidler: Flavonlar, izoflavonlar, auronlar ve chalcones altında sınıflandırılan sarı renkli boyalardır. Doğal sarı renklerin birçoğu flavonların ve izoflavonların hidroksil ve metoksi türevleridir. Sınıfın en yaygın örneği luteolin pigmenti içeren yünü ve ipeği yüksek haslıkta parlak renklerde boyayan *weld*'dir.

Di-hidropiranlar: Flavonlara benzer bir kimyasal yapıya sahip substitüe di-hidropiranlar, viz. Hematin ve bunun leuco formu olan hematoksilindir. İpeği, yünü ve pamuğu siyah renklere boyayan en önemli doğal boyalardır. En bilinen boyalar Bakkam ağaç, brazil wood ve sappan-wood'dur.

Antosiyanidinler: bu sınıfın üyelerinden biri olan *Carajurin* yünü ve pamuğu direk oranj renge boyayan bir boyadır. *Bignonia chica* 'nın yapraklarından elde edilir.

Karotenoidler: Karoten isimli bu sınıf boyalar havuçlarda bulunan oranj renklerden elde edilir. Bunlarda renkler Konjuge uzun çift bağlardan meydana gelir.

Uygulama yöntemlerine göre doğal boyaların sınıflandırılması

Mordan boyalar: Moradan boyalar; elyafa afinitesi olmayan boyaların mordan maddeleri ile elyafa uygulanan boyarmaddelerdir. Mordan boyalar; metal tuzu ile boya molekülü arasında elektron alışverişi yaparak kompleks oluşturur.

Küp boyalar: Küp boyalar; suda çözünmeyen boyalardır. İlk önce suda çözünür hale getirilmelidir (sodyum hidrosülfid ve alkali soda ile indirgenir) ve sonra elyafa uygulanmalıdır. Gerçek renkleri sıcak sabunlu su ile işlem gördükten sonra oksitlenerek meydana gelir.

Direk boyalar: Direk boyalar; selülozik elyafa yüksek afinitelidir. Kaynama sıcaklığında boyarlar. Zerdeçal, nar kabuğu vb. direkt doğal boyaların üyelerinden bazılarıdır.

Asit boyalar: Asit boyalar; orta derecede asidik ortamlarda boyarlar. Boya molekülleri ya sülfonik yada karboksilik gruba sahiptir. Yünün ve ipeğin amino grupları ile elektrokovalent bağ yaparlar. Bu tip boyaların haslıklarını artırmak için tannik asit ile son işlem yapılmalıdır. Safran bu grubun üyelerinden biridir.

Dispers boyalar: Dispers boyalar; düşük molekül ağırlıklı, düşük çözünürlüklü ve yoğun çözünür grubu olmayan boyalardır. Dispers boyalar, hidrofobik sentetik elyafı orta asidik ortamda boyayabilir. Bunlar aynı zamanda ipeğe ve yüne de uygulanabilir. Bu boyalar, kına ve diğer birçok flavon ve antrakinon boyalar gibi krom, bakır ve kalay tuzları ile sonradan mordanlama yapılarak uygulanabilir.

Bazik veya Katyonik boyalar: Bazik veya Katyonik boyalar; yünün ve ipeğin –COOH grupları ile elektrokovalent bağ yaparak renklendirilmiş katyonları oluşturarak boyarlar. Bu boyalar, nötr ortam ile orta asidik ortam arasında uygulanır. Bu boyaların ışık haslıkları düşüktür. Berberin (Karamuk, kadın tuzluğu) bu sınıfın en bilinen üyesidir.

1.4.2.3. Mordan Maddesi ve Mordanlama Yöntemi

Geleneksel yöntemlerde doğal boyarmaddeler ile tekstil materyallerinin renklendirilmesi işlemlerinde, boyama işlemine geçilmeden önce materyal üzerine çeşitli metal tuzları uygulanır ve daha sonra bu metal tuzları üzerine doğal boyarmadde de bulunan renkli kısımlar bağlanmak suretiyle boyamaları gerçekleştirilmiş olur. Metal tuzlarının boyanacak materyale bağlanması işlemine “Mordanlama” denir. Mordanlama da

kullanılan kimyasal maddelere de “Mordan maddesi” denir. Demir sülfat, Bakır sülfat, Şap, Potasyum dikromat, Kalay 2 klorür gibi çok çeşitli mordan maddeleri bulunmaktadır. Boyarmadde kaynağı değişmese de kullanılan mordan maddesine tipi ve miktarına göre çok farklı renk tonları elde edilebilir. Bilinen 3 farklı mordanlama yöntemi vardır. Bunlar;

- Önceden Mordanlama: İlgili mordan maddesi ve boyanacak olan materyal birlikte aynı kazan içine konularak oda sıcaklığında ısıtılmaya başlanır ve yaklaşık 1 saat içinde kaynama sıcaklığına gelecek şekilde ısıtılır. Burada bir saat kaynatıldıktan sonra kendi halinde soğutulmaya bırakılır. Böylece ilgili metal tuzları materyal üzerine bağlanır. Gerekirse banyo içinde bir gün bekletilebilir. Boyamaya bu işlemten sonra başlanır.
- Birlikte Mordanlama: İlgili mordan maddesi, kullanılacak boyarmadde ve boyanacak olan materyal birlikte aynı kazan içine konularak oda sıcaklığında ısıtılmaya başlanır ve yaklaşık 1 saat içinde kaynama sıcaklığına gelecek şekilde ısıtılır. Burada bir saat kaynatıldıktan sonra kendi halinde soğutulmaya bırakılır. Böylece ilgili metal tuzları ile boyarmadde birlikte materyal üzerine bağlanır.
- Sonradan Mordanlama: Kullanılacak boyarmadde ve boyanacak olan materyal birlikte aynı kazan içine konularak oda sıcaklığında ısıtılmaya başlanır ve yaklaşık 1 saat içinde kaynama sıcaklığına gelecek şekilde ısıtılır. Burada bir saat kaynatıldıktan sonra kendi halinde soğutulmaya bırakılır. Daha sonra kullanılacak olan metal tuzu kazana ilave edilerek 1 saat içinde kaynama sıcaklığına gelecek şekilde yeniden ısıtılır. Burada bir saat kaynatıldıktan sonra kendi halinde soğutulmaya bırakılır [118, 124, 125].

Bu tez çalışmasında özellikle atık olarak bilinen ve boyarmadde özelliği gösterebilen kaynaklar tercih edilmiştir. Bunlar; Nar kabuğu, fındikkabuğu, portakal ağacı yaprağı ve Havacıva bitkileridir.

1.4.2.4. Nar Kabuğu (*Punica granatum L.*):

Nar Orta doğu orijinli olmasına rağmen Akdeniz bölgesine, doğuya doğru Çin ve Hindistan’a ve Amerika’nın Kuzey batısına kadar uzanmaktadır [126]. Nar kabuğunun ana renklendirici bileşikleri tanen [127] ve flavonollerdir [128]. Kabukları ile preslenerek elde edilen nar sularının antioksidan aktivitesinin önemli bölümünün, hidrolize olabilen

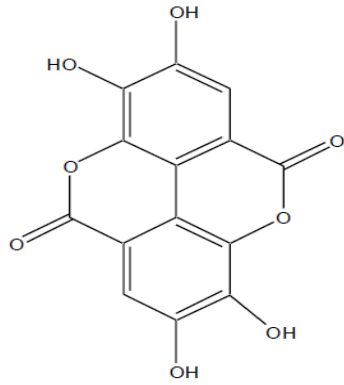
fenoliklerden (ellajitanenler ve gallotanenler), ellajik asitten, antosiyaninlerden (siyanidin, delfinidin ve pelargonidin glikozitlerden) ve diğer flavonoid bileşiklerden (*Quersetin*, *Kamferol* ve *Luteolin* glikozitler) kaynaklandığı saptanmıştır. Bu şekilde elde edilen nar sularında bulunan fenolik bileşikler içinde, punikalajinin [129] en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve bunu da gallik asit ve ellajik [130] asidin izlediği saptanmıştır.



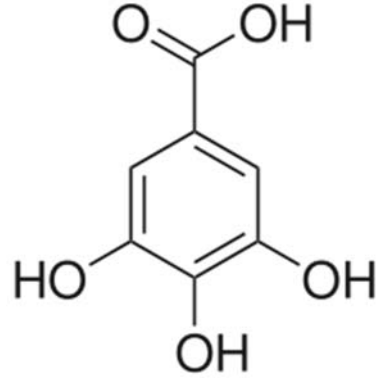
Nar Meyvesi*



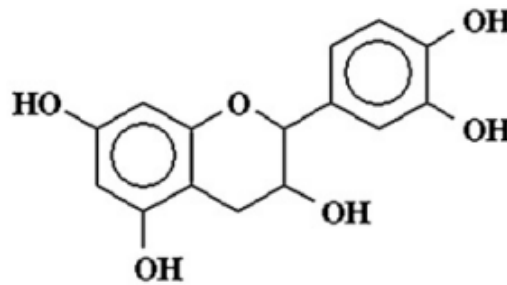
Kurutulmuş Nar Kabuğu



Ellajik Asid**



Gallik Asit



Tannin

Şekil 1. 33. Nar meyvesi, kurutulmuş kabuğu ve bünyesinde bulunan bazı kimyasal yapılar [132, *133, **134, 135, 136]

Punikalajin, antioksidan aktivitenin kaynağı olan serbest hidroksil gruplarından 16 tane içermekte ve hidrolize olabilen fenolik bileşik grubunun bir alt grubu olan ellajitanen grubu içinde yer almaktadır. Narın yenebilen kısmı, yani daneleri, meyvenin %52'sini oluşturmak, geriye kalan kısmı ise kabuk olarak atılmaktadır [131,132].

Cortex Granati (Nar kabuğu): *P. granatum*'un kök, gövde ve kalın dallarının kabuklarıdır. Bileşiminde, Pelletierin alkaloidi ve izomerleri, tanen ve diğer maddeler vardır. Kabuk durdukça alkaloitlerin miktarı azalır.

Nar kabuğu ihtiva ettiği alkaloitlerden dolayı çok eski zamandan beri antihelminetik (Solucan düşürücü) olarak tenya düşürmek için kullanılmaktadır. Narçiçeği (Flores Granati): Bileşiminde tanen vardır. Astringen (kabızlık giderici) olarak kullanılır. Nar meyva kabuğu (Cortex Fructus granati): Bileşiminde tanen vardır. Astringen olarak kullanılır [137].

1.4.2.5. Fındikkabuğu (*Corylus avellana* L.):

Fındığın kültür çeşitleri Türkiye, İtalya, İspanya, ABD, Çin, İran, Yunanistan, Fransa, Azerbaycan, Rusya Federasyonu, Kırgızistan, Portekiz, Beyaz Rusya, Moldova, Tacikistan, Gürcistan, Ukrayna, Tunus, Macaristan, Kıbrıs ve Kamerun'da yetiştirilmektedir.

Bununla birlikte, FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) istatistiklerinde üretici olarak henüz yer verilmeyen Arjantin, Avusturya, Avustralya, Estonya, İran, Yeni Zelanda, Romanya, Slovenya, Suriye, Ukrayna, İngiltere ve Yugoslavya gibi ülkelerde de az da olsa fındık üretilmekte ve üretimin artırılmasına yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Dünya fındık üretimi, 1960'lı yıllarda yaklaşık 250 bin ton civarında iken, 2004-2011 yılları ortalamasına göre 802 bin tona çıkmıştır. Dünya fındık üretiminin yaklaşık % 70'ini gerçekleştiren Türkiye'yi sırasıyla İtalya ve ABD takip etmektedir [138].

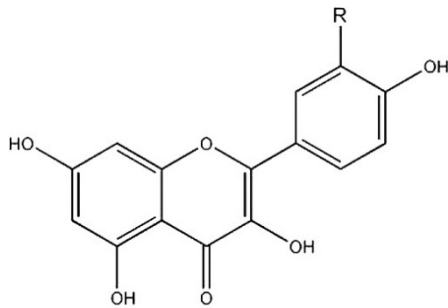
Ramalhosa et al.. 2011 yılında yaptıkları çalışmada Şekil 1.15'de gösterilen ve fındığın yapısında bulunan bazı kimyasal yapılardan bahsetmişler ve sulu ekstraktelerinin *Bacillus cereus* ve *Klebsiella pneumoniae* gibi bakterilere karşı antibakteril özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir [140].



Fındık Ağacı ve Meyvesi*



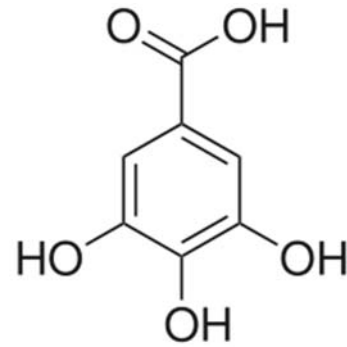
Fındık Kabukları



Quercetin R=OH

Kaempferol R=H

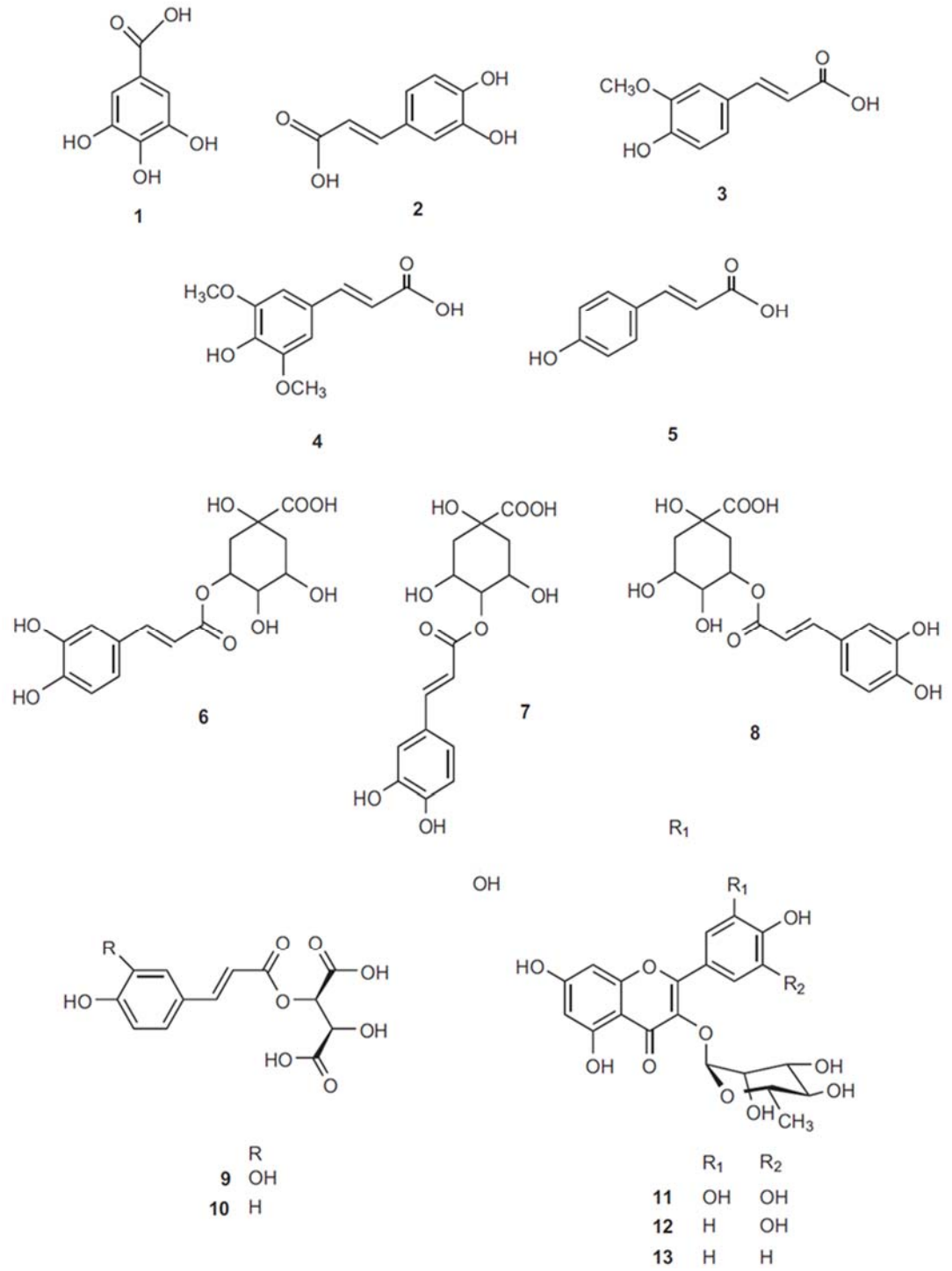
Quercetin ve kaempferol**



Gallik Asit

Şekil 1. 34. Fındık ağacı, meyvesi, kabukları ve bünyesinde bulunan bazı kimyasal yapılar [**139]

Fındık ve yan ürünlerinden (zar, sert kabuğu, yeşil kabuk ve yaprak) elde edilen ekstraktlar HPLC metodu kullanılarak analiz edilmiş, Taxens, Fenolik ve tespit edilmiştir. Flavonoidler de analiz edildiğinde Quercetin ve Kaempferol tipi yapıların varlığı tespit edilmiştir. Tablo 1.8’de gösterildiği gibi fındık zarında Quercetin, fındık yaprağında Catechin/Epicatechin, fındık yeşil kabuğunda, Kaempferol en yüksek miktarlarda bulunmuştur [141].

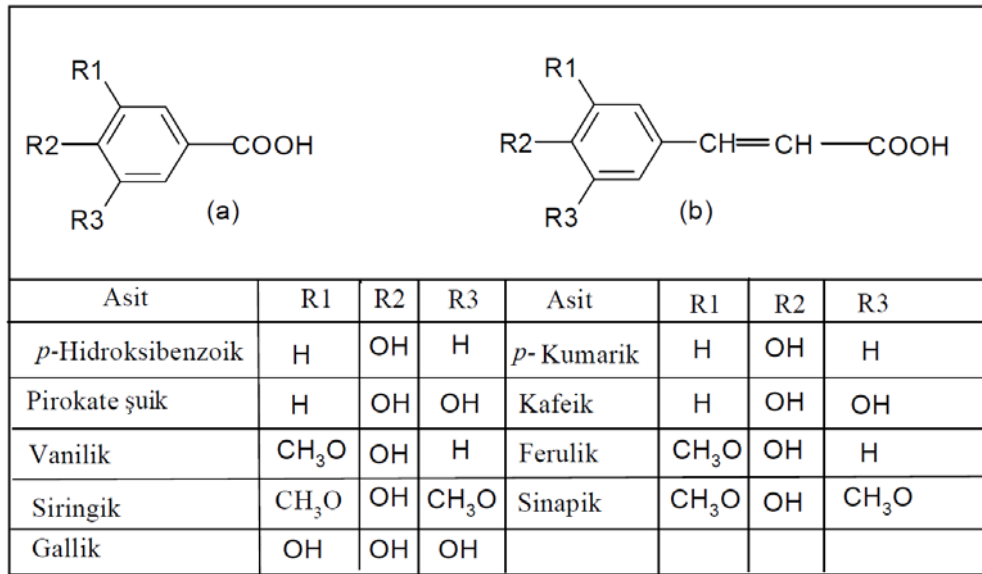


Şekil 1. 35. Fındığın ve yapraklarının yapısında bulunan bazı fenolik bileşiklerin kimyasal yapısı [140]

Tablo 1. 16. Fındık yan ürünlerinde bulunan fenolik asitler (μg fenol/g ekstrakte) [188]

Örnek	Gallic	Caffeic	<i>p</i> -Coumaric	Ferulic	Sinapic
Fındık	127	81	208	105	93
Zar	387	tr	231	124	124
Sert kabuk	3261	212	757	333	235
Yeşil kabuk	892	158	1662	327	64
Yaprak	157	362	884	237	241

Bitkilerin büyük bir kısmında organik bir asit olan ve şekerlerle esterleşmiş halde bulunan, fenolik asitlerin kimyasal yapıları Şekil 1.17’de görülmektedir. a) Benzoik asit türevleri, b) Sinamik asit türevleri [120].



Şekil 1. 36. Fındığın atıklarında bulunan kimyasal yapılar

1.4.2.6. Portakal Ağacı Yaprığı (*Citrus sinensis* L.):

Portakal ağacı yaprağının yapısında birçok kimyasal bileşen olmasına rağmen klorofil a ve b yapıları da görülmektedir [142, 43] ki bu yapılar boya ve boyama açısından önemlilik arz etmektedirler. Portakal kabuklarından (perikarpından) mekanik yolla yani salgı ceplerini patlatarak bir uçucu yağ elde edilir, % 90-95 kadar limonen içeren Oleum

Aurantii T.K. (Portakal esansı), gıda sanayii ve eczacılıkta çok tüketilir. Albedosundan kurtarılmış Pericarpium Aurantii de bazı kodekslerde kayıtlıdır, bu drogdan hazırlanan tentürler koku ve lezzet verici olarak bazı ilaçların bileşiminde yer alır.



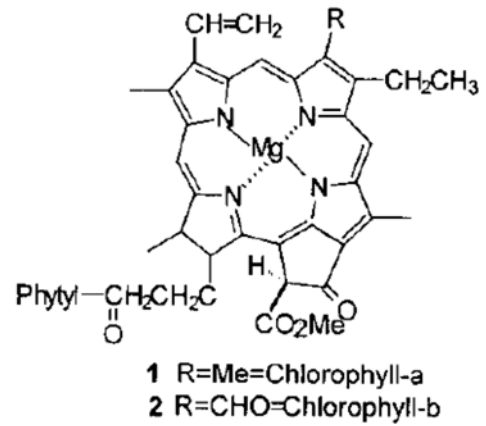
Portakal ağacı ve meyvesi*



Portakal kabuğu



Kurutulmuş portakal ağacı yaprağı



Şekil 1. 37. Portakal ağacı, yaprağı ve bünyesinde bulunan kimyasal yapılardan biri [*144]

Yaprak, perikarp veya çiçeklerden elde edilen uçucu yağların eczacılıkta kullanımına ek olarak bolca bulunan sitral, limonen ve C vitamini elde etmede kaynak olması da bu bitkilerin ekonomik değerini arttırmaktadır [145].

1.4.2.7. Havacıva (*Alkanna tinctoria* L.):

Havacıva otu çok yıllık bir bitkidir. Köklerin bileşiminde hidroksinaftakinon kırmızı boya maddesi Alkannin vardır [137]. Bitkinin köklerinin kurutulmasıyla elde edilir. Kolaylıkla kırılabilir, gevşek, tabakalar halinde ayrılabilir, purpur kırmızısı renktedir. Bileşiminde

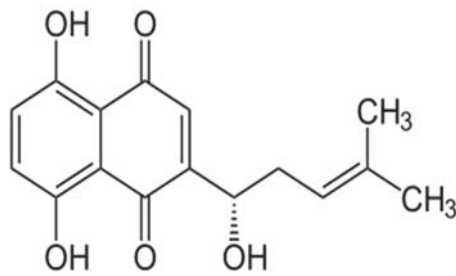
alkalin (% 5-6), tanen ve reçine bulunur. İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Suriye ve ülkemizde Ege ve Akdeniz bölgelerinde yetişir [146, 147].



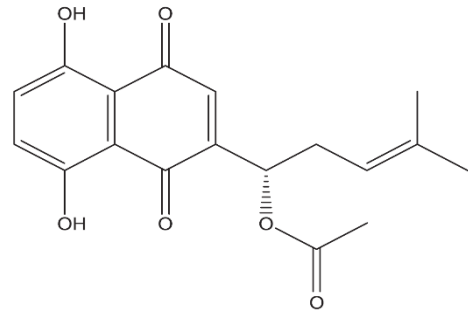
Havacıva Bitkisi*



Bitkinin kökü



Alkannin**



Asetilalkannin**

Şekil 1. 38. Havacıva bitkisi, kökü ve bazı kimyasal yapıları [*148, **149]

Kökün kabuk kısmında kırmızı bir boya maddesi olan alkannin (anchusin) ile az miktarda alkannan ve bir mum bulunmaktadır. Alkannin birer antrasen türevi olarak anchusik asit ile alkannik asit'in bir karışımından ibarettir. Ticarete “Alkannin” ismi ile bulunan madde köklerden benzen veya eter ile tüketilerek elde edilmektedir [150].

Boyama özelliği gösteren birçok bitki kaynağı tekstil materyallerinin renklendirilmesinde kullanılmış olup, son yıllardaki çalışmalarında bazı bitkilerin, renklendirme kabiliyetlerinin yanında antibakteriyel özellik, UV absorbe özellikleri vb. kabiliyetlerinin varlıkları araştırılmaya başlanmıştır.

Literatürde bu ve benzeri özellikleri bildiren bazı yayımlar şu şekilde özetlenmiştir;

Bechtold *et al.*. 2006 yılında yaptıkları çalışmada gıda endüstrisinde kullanılan meyvelerin atıklarından olan kabuk, presleme atığı gibi maddeleri ekstrakte ederek tekstil materyallerinden olan yünün boyanabilirliğini incelemişler, demir ve alüminyum mordanlarını kullanarak yapılan boyamalar ile uygun renklerin elde edilebileceğini rapor etmişlerdir [151].

Bechtold *et al.*. 2007 yılında yaptıkları bir başka çalışmada doğal boyarmadde kaynağı olarak ash ağacı kabuklarını kullanarak yünü boyamışlar, mordan maddesi olarak ise demir sülfatı kullanmışlar, yünlü kumaşları koyu renklere boyanabileceğini bildirmişlerdir [152].

Vankar *et al.*. 2007, 2008 ve 2009 yıllarında yapmış oldukları birçok çalışmada tekstil materyallerinin doğal renklendiriciler ile boyanması üzerine çalışmalar yapmışlar, örneğin; modifiye edilmiş pamuk, yün ve ipeğin doğal boya ile boyanmasında ultrasonik enerjiden yararlanmışlar, bir başka çalışmalarında enzimatik olarak pamuklu ve yünlü kumaşları mordan maddesi kullanmadan boyanabilirliklerini incelemişler, yine bir başka çalışmalarında bio mordan maddelerini ve enzimi kullanarak ipekli kumaşların doğal boyarmaddeler ile boyanabileceklerini rapor etmişlerdir [153, 154, 155, 156].

Adeel *et al.*. 2009 yılında yaptıkları çalışmada taze kurutulmuş nar kabuğunun yapısında bulunan Tanik asitin sulu ekstraksiyonunu kullanarak pamuklu materyallerin boyanabileceklerini bildirmişlerdir [157].

Sivakumar *et al.*. 2010 yılında yaptıkları çalışmada dört farklı bitki kaynağını ultrasonik ortamda ekstrakte etmişler ve ultrasonik enerjinin renk verimini artırdıklarını rapor etmişlerdir [158].

Tutak ve Benli 2011 ve 2012 yıllarında yaptıkları iki farklı çalışmada sırasıyla, potasyum dikromat, bakır sülfat, demir sülfat ve potasyum alüminyum sülfat gibi farklı mordan maddelerini kullanarak yünlü, pamuklu ve viskon kumaşlarının ceviz kabuğu ile boyanarak yeterli haslıklara sahip olduklarını ve diğer çalışmalarında ise fındığın atıkları olarak kabul edilen sert kabuğunun, zarının, ağaç yaprağının ve yeşil kabuğunun ekstrakteleri ile yünlü, pamuklu ve viskon kumaşların boyanarak yeterli haslıklara sahip olabileceklerini rapor etmişlerdir [159, 160].

Benli ve Bahtiyari 2012 yılında yaptıkları çalışmada portakal ağacı yaprağı ile vizkon kumaşlarının boyanabileceklerini, yeterli haslık özelliklerine sahip olduğunu bildirmişlerdir [161]

Bahtiyari *et al.* 2013 yılında yaptıkları çalışmada herhangi bir mordan maddesi kullanmadan pamuklu ve yünlü kumaşların, ceviz kabuğu, kök boya, indigo ve cehri ekstrakteleri ile uygun baskı teknikleri kullanılarak basılabileceklerini rapor etmişlerdir [162].

Davulcu *et al.* 2014 yılında yaptıkları çalışmada pamuğun doğal boyalardan kekik ve nar kabuğunu ile mordan maddesi kullanmadan pamuklu materyalin boyanabileceğini ve mordan maddesi kullanmadan da kekik ve nar kabuğu ile boyanmış pamuklu kumaşların antimikrobiyal özellikler gösterdiğini, yeterli haslık değerlerine sahip olduklarını rapor etmişlerdir [66].

2.BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

2.1.1. Kimyasallar-Yardımcı maddeler, Enzimler ve Boyarmaddeler

Kimyasallar - Yardımcı maddeler:

CH₃COOH: Akkim marka %100'lük.

H₂SO₄ : Merck marka % 96'lık.

KI: Akkim marka. Analitik saflıkta.

I₂: Akkim marka. Analitik saflıkta.

NaOH : Akkim marka. %100'lük payet.

Na₂CO₃ : Akkim marka. Analitik saflıkta.

H₂O₂ : Akkim marka. Analitik saflıkta % 35'lik.

K₂Cr₂O₄: Akkim marka. Analitik Saflıkta.

H₃BO₃: Akkim marka. Analitik Saflıkta.

NaBO₃.H₂O: Akkim marka.

CuSO₄.5H₂O: Akkim marka.

FeSO₄.7H₂O: Akkim marka.

KAISO₄.10H₂O: Akkim marka.

K₂Cr₂O₇: Akkim marka.

Texapol UD Cons: Alfa Kimya firmasına ait non-iyonik ıslatıcı

Peroksit Stabilizatörü: Organik Kimya firmasına ait organik stabilizatör.

Enzimler:

Amilaz Enzimi: *Bacillus amyloliquefaciens* organizmasında elde edilmiş α -amilaz enzimi kullanılmıştır. Bildirilen enzim aktivitesi 96 KNU/L dır. KNU (Kilo Novo alpha - amylase Units).

Glikoamilaz Enzimi: *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis* genetik olarak modifiye edilen mikro organizmasının fermentasyonu sonucu üretilmiş *glikoamilaz* enzim kullanılmıştır. Bildirilen enzim aktivitesi 24 904 UmL⁻¹ dır.

Pektinaz Enzimi: *Aspergillus niger*'den elde edilmiş *pektinaz* enzimi kullanılmıştır.

Glikozoksidaz Enzimi: *Aspergillus niger*'den elde edilmiş *glikozoksidaz* enzimi kullanılmıştır. Bildirilen enzim aktivitesi 10,000 u/g. dır.

Bitkisel Boya Kaynakları:

Tez çalışmasında dört farklı boyama özelliği gösteren atık bitkiler boyarmadde kaynağı olarak kullanılmıştır.

Nar Kabuğu:

Akdeniz bölgesinde mevsiminde yetiştirilen nar meyvesinin kabukları kullanılmıştır. Kabuklar meyveden ayrıldıktan sonra gölgede kurutulmuş ve sonra değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. Boyama işlemlerinde öğütülmüş olan bu toz haldeki kabuklar kullanılmıştır.

Fındıkkabuğu:

Karadeniz bölgesinde mevsiminde yetiştirilen fındık sert kabukları kullanılmıştır. Kabuklar meyveden ayrıldıktan sonra gölgede kurutulmuş ve sonra değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. Boyama işlemlerinde öğütülmüş olan bu toz haldeki kabuklar kullanılmıştır.

Portakal Ağacı Yaprağı:

Akdeniz bölgesinde yetişen portakal ağacının yeşil yaprakları kullanılmıştır. Ağaçlar meyvesini verdikten sonra yaprakları gölgede kurutulmuş ve sonra değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. Boyama işlemlerinde öğütülmüş olan bu toz haldeki yapraklar kullanılmıştır.

Havacıva:

Havacıva bitkisinin kökü bölgede bulunan aktarlardan temin edilmiştir. Bitkinin kökü kuru halde bulunmaktadır. Bu kökler değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. Boyama işlemlerinde öğütülmüş olan bu toz haldeki yapraklar kullanılmıştır.

2.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaş ve Özellikleri

Denemelerde Kipaş Mensucat İşletmeleri A.Ş.'den temin edilen sertifikalı %100 pamuklu ve nişasta haşıl esaslı dokuma kumaş kullanılmıştır. Kumaşın genel yapısal konstrüksiyonu Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

Tablo 2. 8. Denemelerde kullanılan sertifikalı ham pamuklu dokuma kumaş özellikleri

Sertifika/Organik		Sertifikalı
Gramajı (g/m ²)		200
Elyaf Cinsi		% 100 pamuk
Haşıl Cinsi		Nişasta
Sıklığı (inç)	Atkı	50
	Çözüğü	80
Örgü Cinsi		3/1 S Dimi

2.1.3. Cihaz ve Makineler

Laboratuvar Tipi Boyama Makinesi: Denemelerde Roaches marka laboratuvar tipi HT makine kullanılmıştır.

Ozon Jeneratörü: Denemelerde Prodozon marka ozon jeneratörü kullanılmıştır.

Laboratuvar Tipi Fulard: Ozon gazı ile ağartma işlemleri uygulanmadan önce ve/veya sonra farklı oranlarda su emdirme işlemleri Termal marka laboratuvar tipi fulard makinesi kullanılmıştır.

Spektrofotometre: Ağartılmış ve boyalı kumaş numunelerinin renk verimleri ve diğer özelliklerinin incelenmesinde Konika/Minolta 3600d marka spektrofotometre kullanılmıştır.

Ultrasonik Banyo: Ultrasonik ses dalgaları kullanılarak kumaşlar üzerindeki yabancı maddelerin uzaklaştırılmasında 37 KHz frekansa sahip Elmasonic S15H ve 28 KHz frekansa sahip Wisclean marka ultrasonik banyolar kullanılmıştır.

Mukavemet Test Cihazı: Numunelerinin kopma kuvvetleri ve kopma uzamaları Instron 4411 mukavemet cihazı ile tespit edilmiştir. ISO 2062 [189] standardı kullanılmıştır. Kumaştan çekilen ipliklerin gerilim altında kopma anındaki kuvveti ve uzaması tespit edilmiştir.

Fourier Transform İnfra-red (FT-IR) Spektrometre Analizi: Denemeler sonunda elde edilen kumaşlardan seçilen numunelerin yapısal özelliklerini incelemek için Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR spektrometre cihazı kullanılmıştır.

SEM Analizi: Denemeler sonunda elde edilen kumaşlardan seçilen numunelerin değişimleri SEM (Taramalı elektron mikroskop) kullanılarak takip edilmiştir. SEM görüntüleri elde edilmeden önce numuneler iletkenlik kazandırılmak amacı için altın ile kaplanmıştır.

Boya Çözeltisi Ölçümleri (Spektrofotometre): Materyallerin renklendirilmesinde kullanılan seçilen boyarmadde çözeltilerinin Absorbans eğrileri elde edilmiştir. Bunun için VWR UV/Vis-3100 PC Spektrofotometre kullanılmıştır.

Parlaklık Ölçümü: Boyalı tekstil materyallerinin yüzey parlaklığını ölçmek için Konika Minolta – Multi Gloss 268 Plus parlaklık ölçüm cihazı kullanılarak 20°, 60° ve 85° derece'lik ölçümler yapılmıştır.

Analitik Terazı: Kern marka hassas analitik terazı kullanılmıştır.

pH Metre: Jenco 6231 N ve WTW 7110

Etüv: Nüve FN 500

2.2. Yöntem

Bu doktora tez çalışmasının temel amacı; geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan ve yoğun miktarda tehlikeli kimyasal madde, enerji ve su sarfıyatı olan nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşların tekstil ön terbiye ve boyama işlemlerine alternatif olabilecek yeni ve çevre dostu üretim yöntemlerini tespit etmektir.

İlk olarak tez çalışmaları sonunda önerilecek çevre dostu yeni metotların sonuçları ile karşılaştırma yapabilmek için, günümüzde halen tekstil terbiye dairelerinde kullanılan geleneksel terbiye metotları ve bu metotlar kullanılarak elde edilen haşıl sökme, hidrofilite gibi kumaş değerleri tespit edilmiştir. Bunun için öncelikle geleneksel ön terbiye yöntemleri kullanılarak pamuklu dokuma kumaş üzerindeki haşıl maddeleri uzaklaştırılmış, hidrofilite özelliği kazandırılmış ve ağarma işlemi yapılmıştır. Ön terbiye işlemleri tamamlanan bu numuneler daha sonra geleneksel yöntemler ile doğal boyarmadde kaynakları ve farklı mordan maddeleri kullanılarak boyama işlemleri gerçekleştirilmiş renk verimleri, haslık sonuçları ve renk değişimleri tespit edilmiştir. Bu işlemlerden sonra elde edilen sonuçlar ise Bölüm 3’de sunulmuştur. Elde edilen bu sonuçlar daha sonra önerilecek çevre dostu terbiye yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmada kullanılmıştır.

Sonraki adımda ise çevre dostu terbiye yöntemleri olarak tanımlanacak olan ve çeşitli enzimler, ultrasonik enerji, ozon gazı ve bunların bazı kombinasyonları sonunda elde edilen tekstil ön terbiye yöntemleri tespit edilmiş, doğal boyarmadde kaynakları ile boyanabilirlikleri araştırılmış ve sonunda birçok terbiye yöntemi önerilmiştir.

2.2.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Ön Terbiyesi

Kumaş üzerinden nişasta haşıl maddesinin uzaklaştırılmasında α -Amilaz enzimi, hidrofilite için NaOH ile alkali pişirme işlemi ve hidrojen peroksit ile de ağartma işlemleri çektirme metoduna göre yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan endüstriyel amaçlı reçete ve parametreler Tablo 2.2.’de verilmiştir. Bu denemelerden sonra elde edilen sonuçlar Bölüm 3’de verilmiştir.

Tablo 2. 9. Nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşlara uygulanan geleneksel ön terbiye reçetesi ve prosesi

Kimyasallar	Haşıl Sökme	Hidrofilleştirme	Ağartma
	5 g/L α -Amilaz 2 g/L Islatici	% 2 NaOH % 2 Na ₂ CO ₃ 1 g/L Islatici	5 ml/L H ₂ O ₂ (%35) 1,2 g/L NaOH 0,8 g/L Stabilizatör 1 g/L Islatici
Sıcaklık (°C)	60	95	95
pH	6	Banyo pH'ı	
Süre (dakika)	60		
Flotte Oranı	1/20		

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesi

Tekstil materyallerinin renklendirilmesinde çok farklı boyarmadde kaynakları, yöntemleri ve teknikler kullanılmaktadır. Özellikle pamuklu dokuma kumaşların ön terbiyesi ve renklendirmeleri işletmelerde açık en olarak çalışılmakta ve yoğun miktarda işçilik, kimyasal, enerji, su ve diğer temel yatırım araçları gereklidir. Günümüzde pamuklu dokuma kumaşların renklendirilmesinde reaktif, kükürt, küp ve direkt boyarmadde grupları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hepsinin temel yapısında petrol esaslı tehlikeli ve zararlı kimyasal maddeler bulunmaktadır. Sentetik esaslı bu boyarmaddeler keşfedilmeden önce ise bitkisel, hayvansal ve mineral esaslı doğal boyarmadde kaynaklarının tekstil materyallerinin renklendirilmesinde kullanıldığı bilinmektedir. Bunlar içinde en fazla kullanılanı ise bitkisel esaslı olan boyarmadde kaynaklarıdır. Son yüz yıllık süreç içerisinde doğal boyarmaddelerin kullanımı yok denecek kadar az olsa da, günümüzde son on yıldır çevre baskıları, çevre koruma bilinci, çevreye karşı duyarlılık vb. nedenlerden dolayı doğal boyalar üzerine çalışmalar yeniden başlamıştır. Hatta bazı işletmeler müşteri portföylerine doğal boyalı tekstil materyallerini de içeren kumaş kartelaları sunmaktadırlar.

Pamuklu kumaşların geleneksel olarak doğal boyarmadde kaynakları ile renklendirilmesinde kullanılan boyama reçetesi örneği Tablo 2.3'de verilmiştir.

Geleneksel doğal boyama işlemleri kapsamında ön terbiyeleri gerçekleştirilmiş kumaşlar; ilk olarak ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen doğal boya çözeltileri ile ve sonra öğütülmüş doğal boya kaynakları ile farklı mordan maddeleri kullanılarak ayrı ayrı boyanmışlardır. Her iki işlemde kullanılan reçeteler aynı olup Tablo 2.3’de ve bölüm 2.3.6’da detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Tablo 2. 10. Geleneksel doğal boyama reçetesi

Materyal	%100 pamuk
Ön Terbiye	Geleneksel yöntem
Mordan Maddesi	
Demir Sülfat/ Bakır Sülfat/ Potasyum dikromat	%3
Şap	%20
Flotte oranı	1/40
Mordanlama Yöntemi	Birlikte
Bitki Ağırlığı	1:1 (w/w) (kumaş ağırlığı/bitki ağırlığı)
Boyama Sıcaklığı	100°C
Boyama Süresi	1 saat
Son İşlem	Geleneksel Yıkama Prosesi: Taşmalı yıkama – 15 dk. Kaynar sabunlu yıkama (1 g/L non-iyonik sabun)- sıcak yıkama-durulama-kurutma.

Her farklı boyama işleminde reçetede belirtilen mordan maddelerinden yalnız bir tanesi kullanılmıştır. Boyama işlemlerinden sonra materyalin renk verimleri ve haslık testleri yapılarak sonuçlar ilgili bölümlerde sunulmuştur.

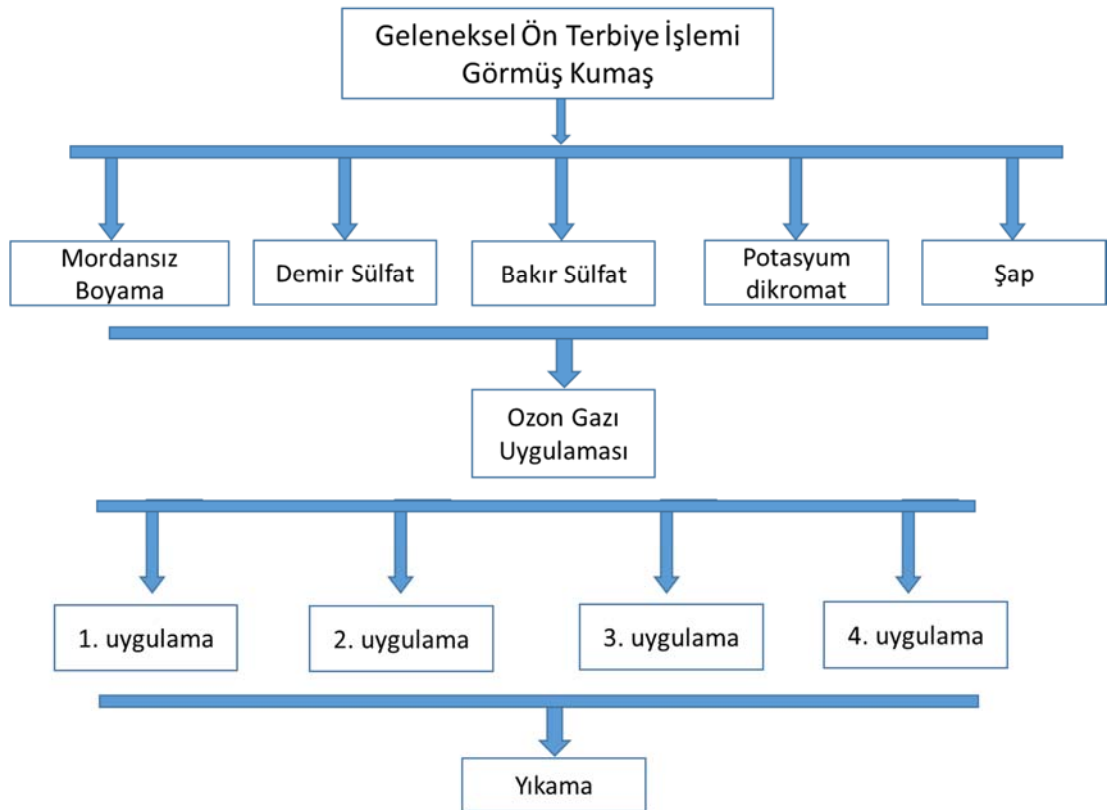
Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesinde Ozon Gazının Kullanımı

2.2.1.1. Doğal Boya-Ozon Kombinasyonu

Bu çalışmada nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşın boyama işleminden sonra farklı ozon gazı uygulamalarına karşı göstermiş oldukları davranışlar incelenmiştir. İlk olarak numunelere Tablo 2.2’de verilen geleneksel ön terbiye işlemleri uygulanmıştır. Ön terbiye işlemi tamamlandıktan sonra boyama adımına geçilmiştir.

Boyama İşlemleri:

Boyama işlemleri kapalı ortamda çektirme yöntemine göre Bölüm 2.3.6’da detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi Tablo 2.3’de verilen doğal boyama reçetesi kullanılarak yapılmıştır. Bu esnada Şekil 2.1’de verilen deney planı uygulanmıştır.



Şekil 2. 15. Ozon gazı-Boya kombinasyonu uygulama planı

Kumaşa dört farklı mordan maddesi ile birlikte mordanlama işlemi yapılmıştır. Boyama işlemleri tamamlanan banyolara aşağıda verilen uygulama adımları yapılmıştır.

1. **Uygulama:** Boyama işleminden sonra boyalı kumaşa, taşmalı yıkama-sabunlu-yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.
2. **Uygulama:** Boyama işleminden sonra boyalı kumaşa, taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama ve ardından %50 alınan flotte su olacak şekilde ayarlanarak 10 dakika Şekil 2.10'daki düzenek ile ozon gazı uygulanmış ve sonra 5 dakika 45°C yıkama işleminden sonra oda sıcaklığında kurutulmuştur.
3. **Uygulama:** Boya banyosundan çıkartılan kumaş her hangi bir yıkama işlemine tabi tutulmadan içinden 5 L/dak. hızla ozon gazı geçirilen su banyosuna konularak 10 dakika çalışılmış ve sonra taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.
4. **Uygulama:** Bu kumaş ise boyama tamamlandıktan sonra boya banyosu soğutulup kumaş banyodan hiç çıkarılmadan banyo içerisindeki suya 5 L/dak. hızla ozon gazı verilerek çalışılmıştır ve sonra taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır. Tüm bitkiler için elde edilen renkler ve haslık test sonuçları ilgili tablolarda sunulmuştur.

2.2.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri

Tekstil terbiyesinde bütün üretim prosesi boyunca çevreye zarar vermeyen kimyasallar ve boyalar kullanılarak gerçekleştirilen ön terbiye ve boyama işlemleri “**Çevre Dostu Terbiye**” yöntemleri olarak tanımlanabilir. Bu kapsamda geleneksel tekstil terbiyesi incelendiğinde; nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşların en fazla iş yüküne sahip tekstil materyali olduğu görülmektedir. Nişasta esaslı haşıl maddesi gibi bir kısmı sonradan verilen bir kısmı ise pamuklu materyallerin doğasında bulunan yağların, vaksların, pektinin, renkli pigmentlerin vb. yabancı maddelerin yapıdan itinayla uzaklaştırılması gerekmektedir. Aksi takdirde bu yapıların tekstil materyali üzerinde kalması sonucu boyanabilirlik, tutum, tuşe gibi bazı özelliklerin kaybolması anlamına gelir ki tekstil terbiyesinde kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle yukarıda bahsi geçen safsızlıkları uzaklaştırmak pamuklu dokuma kumaşların ön terbiye işlemlerini oldukça karmaşık hale getirmekte olup, yoğun işçilik, çok çeşitli tehlikeli

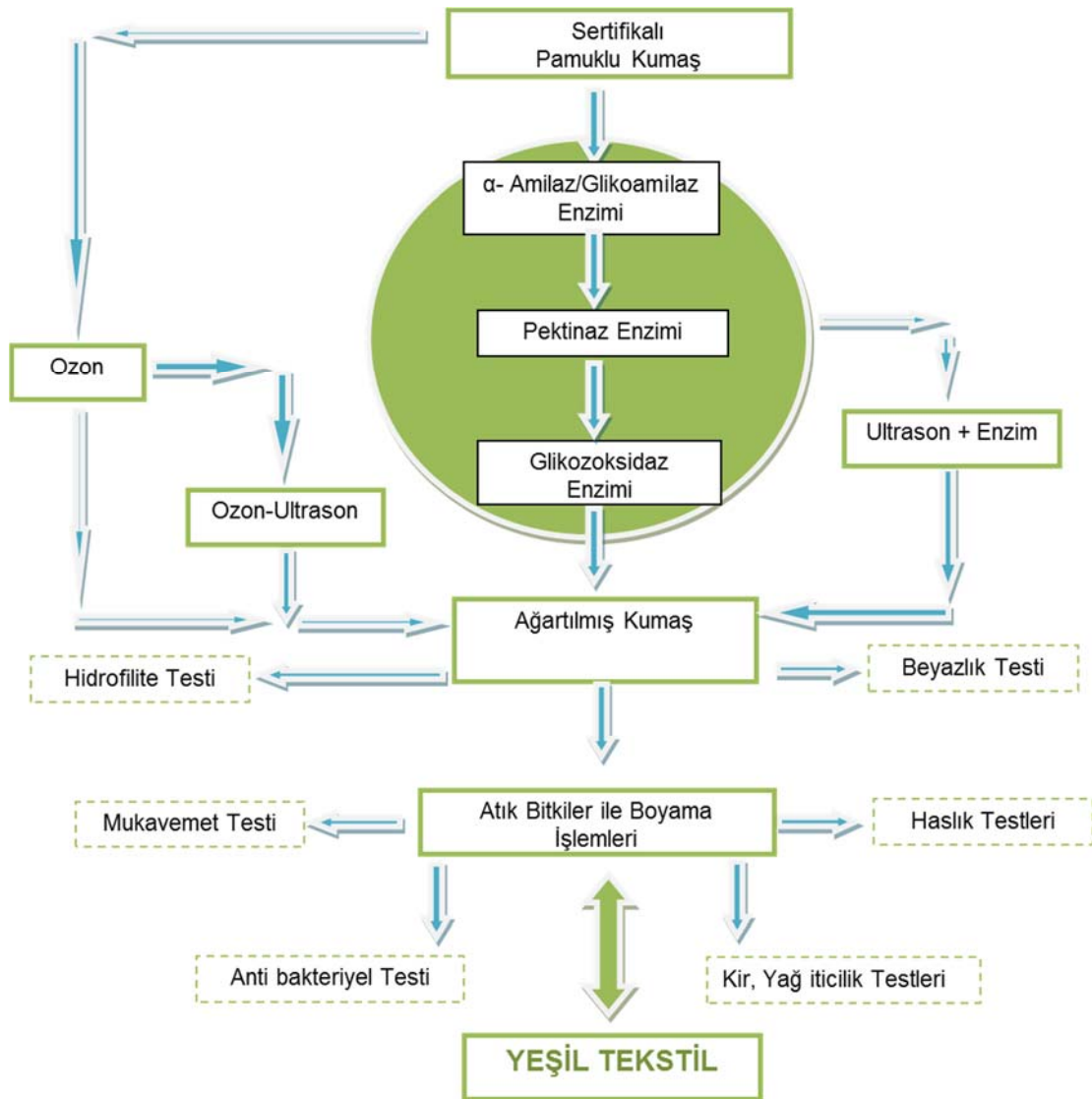
kimyasal madde kullanımı, enerji sarfıyatı ve yüksek atık su tüketimi söz konusudur. Aynı zamanda yukarıda bahsedilen etmenlerin artması işletmenin üretim maliyetlerini de aşırı derecede artıran etkenlerdir.

Bu doktora tez çalışmasında; nişasta haşıl esaslı ve sertifikalı pamuklu dokuma kumaşın tekstil ön terbiyesini çevre dostu yeni teknikler ve metotlar kullanarak gerçekleştirmek, yeni proses parametreleri ve terbiye hatları oluşturmak, her türlü atık yükünü, enerji tüketimini azaltmak ve çevreye zarar vermeyen doğal boyarmadde kaynakları ile herhangi bir yardımcı kimyasal madde kullanmadan materyalin renklendirilmesi sağlamak hedeflenmiştir.

Bu bağlamda çevre dostu ön terbiye metotlarını tespit etmek için; enzimatik haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma işlemleri ile ozon gazının kullanılması ve bu yöntemlere ultrasonik enerji kombine edilmeye çalışılmıştır. Bu sayede pamuklu dokuma kumaş üzerinde bulunan yağların, pektinin, vaksların, renkli pigmentlerin vb. safsızlıkların uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Yapılan bu işlemlerden sonra daha çok birer atık madde olan ve çoğunlukla atılmak suretiyle değerlendirilmeyen ancak bünyesinde boyarmadde ihtiva eden dört farklı bitki kaynağı boyama işlemlerinde kullanılmıştır.

Böylece hem ön terbiye işlemleri sırasında daha az kimyasal madde kullanılmış ve bunlara bağlı çevreye daha az atık yükü oluşmuş ve hem de çevre dostu doğal kaynaklar ile kumaşlar renklendirilmiştir. Yapılan çevre dostu çalışmanın genel özeti Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2. 16. Yeşil terbiye proses hattı genel çalışma planı

Çevre dostu terbiye olarak tanımlanabilecek proses hattının temelini çevreye zarar vermeyen ve/veya çevrede çok çabuk bozulabilen maddeler/yöntemler oluşturmaktadır. Enzim teknolojisi bunların başında gelmektedir. Günümüzde özellikle gıda sanayinde yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen enzim diğer sektörlerde de kısmen kullanılmaktadır [36]. Bir diğer yöntem ise ultrason enerjisidir. Yine bu teknik endüstride çok farklı alanlarda kullanım alanı bulmaktadır. Son olarak bu maddelere eklenecek olan ise ozon gazıdır. Ozon gazı da gıda, dezenfektan vb. sektörlerde kullanım alanı bulmaktadır. Yukarıda kısaca bahsi geçen bu yöntemler ve teknolojiler kullanılarak pamuklu dokuma kumaşların ön terbiyesinin çevre dostu adı verilen yöntemler ile

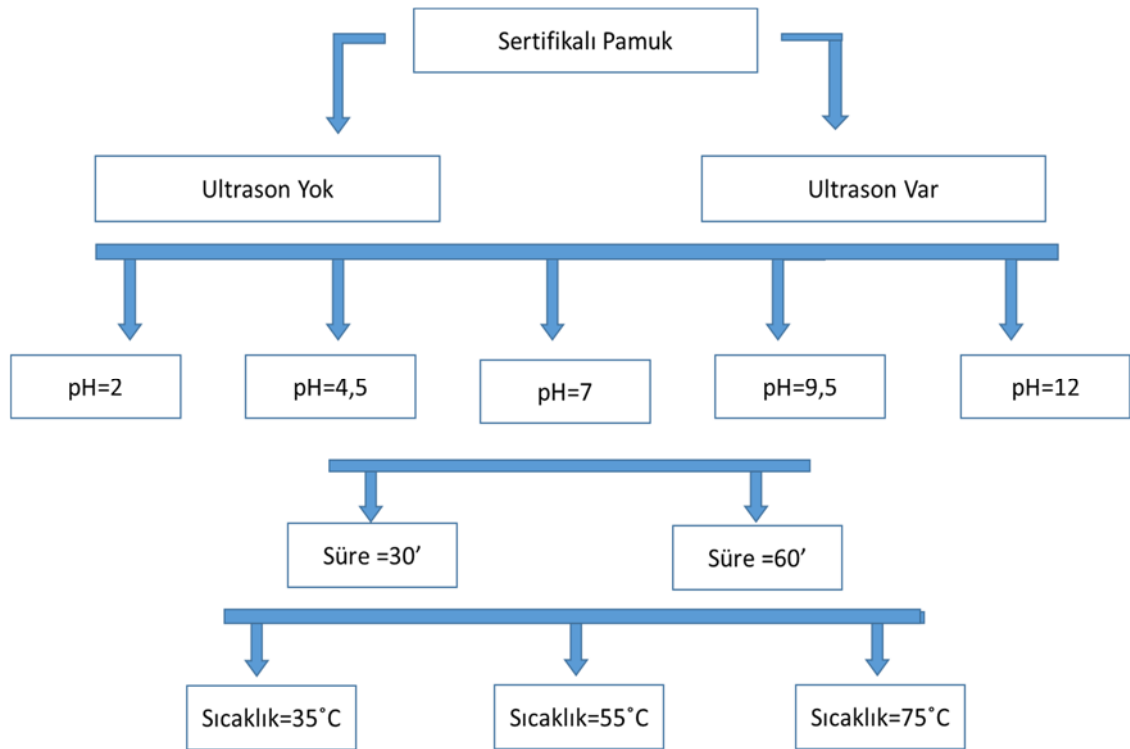
gerçekleştirilmesi araştırılmış ve optimize edilen yöntemler üzerinden boyamalar gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.1. Ultrasonik Enerjinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisinin Araştırılması

Son yıllarda üzerinde çokça araştırmaların yapıldığı bu teknik henüz tekstil terbiye işlemlerinde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu doktora tez çalışmasında ultrason tekniği tek başına ve diğer yöntemler ile kombine edilerek denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde 1 (37 KHz) litre kapasitelerindeki ultrason banyosu kullanılmıştır. İlk olarak ultrasonik enerjinin kumaş üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bunun için pamuklu dokuma kumaşa ultrason olmadan ve ultrason varlığında farklı denemeler yapılmıştır. Oluşturulan banyoların flotte oranları 1/100 olup herhangi bir terbiye maddesi ilave edilmeden ilgili kumaş numunesi çalışılmıştır. Banyo pH ayarlamalarında tampon çözeltiler kullanılmıştır. Denemelerde 3 faktörün etkileri incelenmiştir. Bunlar banyo pH'ı, sıcaklık ve süredir. 5 farklı pH (2; 4.5; 7; 9.5; 12) ortamında, 3 farklı banyo sıcaklığında (35; 55; 75°C) ve 2 farklı çalışma süresinde (30; 60 dakika) işlemler yapılmıştır. Denemeler sonunda elde edilen numunelerin;

- 1) Ağırlık kayıpları yüzdesi,
- 2) Kalitatif haşıl sökölme değerleri (Tegewa),
- 3) Beyazlık değerleri (Stensby)
- 4) Hidrofilitesi
- 5) Mukavemeti tespit edilmiştir.

Yapılan denemeler sonunda elde edilen sonuçlar Bölüm 3'de verilmiştir.



Şekil 2. 17. pH, süre ve sıcaklık gibi 3 farklı faktörün incelendiği ultrasonik denemeler

2.2.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Kullanımının Araştırılması

Enzimatik Haşıl Sökmenin İncelenmesi

Ticari olarak piyasada bulunan α -amilaz ve glikoamilaz enzimleri ile ultrason kullanılmadan hazırlanan banyoda pamuklu dokuma kumaşların farklı sürelerdeki deneme çalışmaları Tablo 2.4’de verilen çalışma reçetesine göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ise 3. bölümdeki Tablolarda verilmiştir. Denemeler sonunda elde edilen numunelerin;

- 1) Ağırlık kayıpları yüzdesi,
- 2) Kalitatif haşıl sökölme (Tegewa),
- 3) Beyazlık (Stensby),
- 4) Hidrofilite,
- 5) Kopma kuvveti tespit edilmiştir.

Tablo 2. 11. Pamuğun çektirme metoduna göre geleneksel enzimatik haşıl sökme reçetesi

Kimyasal/işlem	Proses Parametreleri	
	α -Amilaz	Glikoamilaz
Enzim	1 ml/L	1 ml/L
Islatıcı	1 ml/L	1 ml/L
pH (Asetik Asit)	7	5
Sıcaklık (°C)	60	60
Süre (dakika)	15, 30, 60	15, 30, 60
Flotte Oranı	1/20	1/20
Haşıl Tipi	Nişasta	Nişasta

Enzimatik Haşıl Sökme-Ultrason Kombinasyonu

Nişasta haşıl esaslı pamuklu kumaşların ön terbiyesi için iki farklı enzimin etki mekanizmaları ultrasonik enerji varlığında optimize edilmiştir. Bu amaçla deneme çalışmalarında α -amilaz ve glikoamilaz enzimleri ile Tablo 2.4’de verilen reçeteye göre haşıl sökme işlemleri yapılmıştır. Sıcaklık, çalışma süresi ve banyo pH’ları Şekil 2.3’de verilen deney planı kullanılarak ilgili enzimlerin etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. Denemeler sonunda elde edilen numunelerin;

- 1) Ağırlık kayıpları yüzdesi,
- 2) Kalitatif haşıl sökölme (Tegewa),
- 3) Beyazlık (Stensby),
- 4) Hidrofilite,
- 5) Kopma kuvveti tespit edilmiştir.

Denemeler sonunda elde edilen sonuçlar Bölüm 3’de verilmiştir. Ayrıca bu denemelere ilave olarak;

Nişasta haşıl esaslı pamuklu kumaşın tek adımda haşılının sökölmesi, hidrofilleştirilmesi ve ağartılması işlemlerinin birlikte gerçekleştirilebilmesi içinde ayrıca denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde ticari α -amilaz/glikoamilaz, pektinaz ve

glukozoksidaz enzimleri kullanılmıştır. Bu amaçla ilgili enzimler ayrı ayrı analiz edilerek kombinasyon olanakları araştırılmıştır.

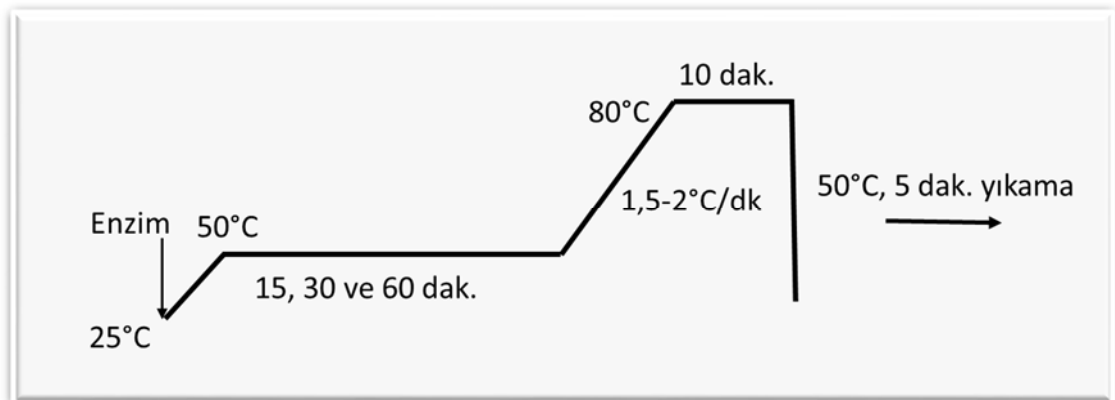
Pektinaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu:

Pektinaz enziminin tekstil ön terbiyesindeki etkinliğini görebilmek için pamuklu kumaşlar öncelikle α -amilaz enzimi kullanılarak Tablo 2.3'deki reçete ile çektirme yöntemine göre haşılıarı sökülümüştür.

Haşılı uzaklaştırılan kumaşlara Şekil 2.4'deki hidrofilleştirme prosesi ile ultrason varlığında/yokluğunda denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin optimizasyonu için; üç farklı pH aralığı (5,5; 7; 8,5), üç farklı enzim konsantrasyonu (%1; 3; 5) ve üç farklı zaman diliminde (15; 30; 60 dakika) 50°C'de çalışmalar yapılmıştır. Tüm çalışmada Flotte oranı 1/100 olarak alınmıştır. Banyolarda 1 ml/L ısıtıcı kullanılmıştır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar Bölüm 3'de verilmiştir.

Denemeler sonunda elde edilen numunelerin;

- 1) Ağırlık kayıpları yüzdesi,
- 2) Kalitatif haşıl sökölme değeri (Tegewa),
- 3) Beyazlık değeri (Stensby),
- 4) Hidrofilitesi,
- 5) Kopma kuvveti tespit edilmiştir.



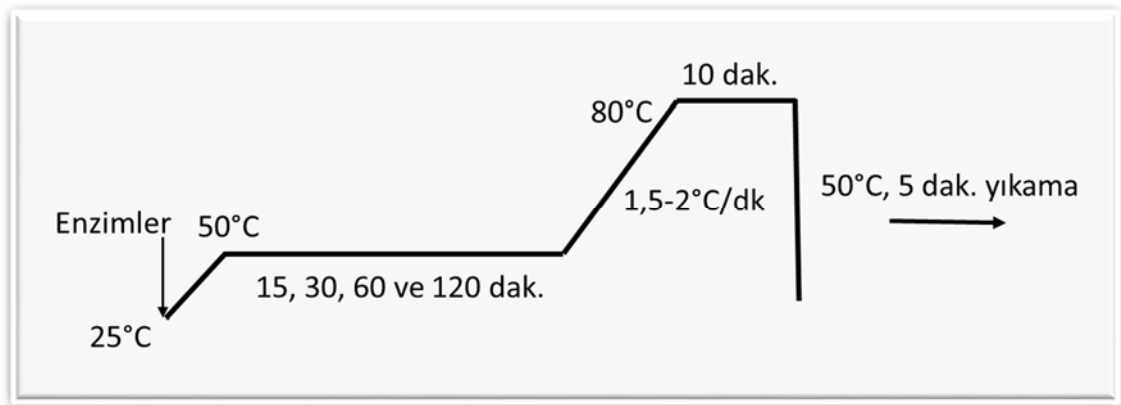
Şekil 2. 18. *Pektinaz* enziminin pamuklu kumaş üzerindeki optimizasyon çalışma grafiği

Pektinaz - Glikoamilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu:

Çalışmanın bu kısmında *pektinaz* enzimi ile *glikoamilaz* enziminin etkileri birlikte incelenmiştir. Bu amaçla işlem görmemiş ham kumaş kullanılmıştır. Bu sayede haşıl sökme ve hidrofilleştirme işlemlerinin aynı banyoda birlikte gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Çalışmada %1 *pektinaz*, %5 *glikoamilaz* kullanılmış ve flote oranı 1/100 dür. Banyoya 1 mL/L non-iyonik ıslatıcı ilave edilmiştir. Dört farklı zaman diliminde (15; 30; 60 ve 120 dakika), Şekil 2.5'deki çalışma prosesine göre yapılmıştır.

Pektinaz - Glikoamilaz - Glikozoksidaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu:

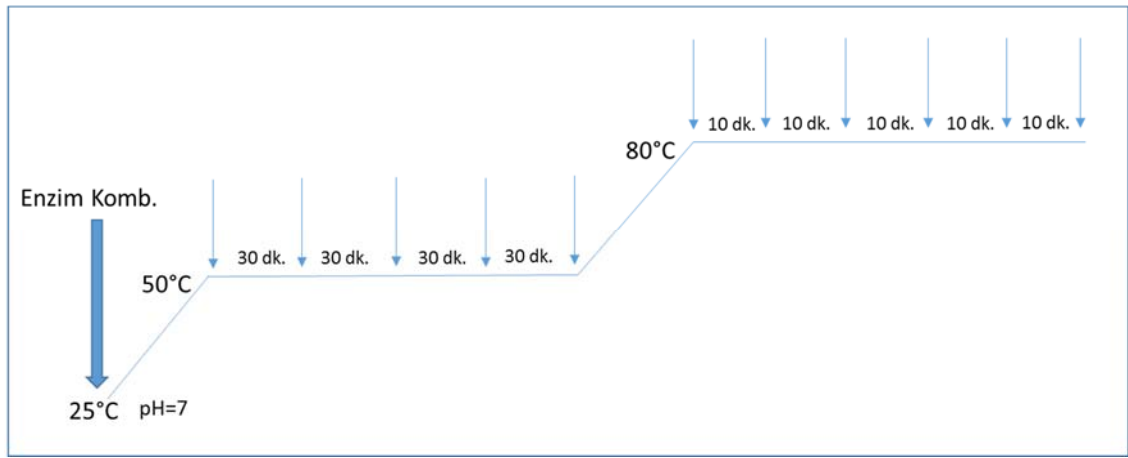
Çalışmanın bu kısmında *Pektinaz-Glikoamilaz-Glikozoksidaz* enziminin etkileri birlikte incelenmiştir. Bu amaçla işlem görmemiş ham kumaş kullanılmıştır. Çalışmada farklı oranlarda *pektinaz*, *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz* enzimleri ile beraber 1 ml/L ıslatıcı kullanılmıştır. Şekil 2.5'deki çalışma prosesine göre yapılmıştır. Bu sayede 3 farklı enzimin aynı banyoda kullanımı ile etkileşimlerinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar Bölüm 3'de verilmiştir.



Şekil 2. 19. Pamuğun *pektinaz-glikoamilaz/pektinaz-glikoamilaz-glikozoksidaz* enzimleri ile ultrasonik banyodaki kombinasyon çalışma grafiği

Banyo pH Değişiminin Araştırılması: *Glikoamilaz*, *pektinaz* ve *glikozoksidaz* gibi üç farklı enzim kullanılarak yapılan denemelerde çalışma banyosunun pH'nın proses boyunca nasıl bir değişim gösterdiğini takip etmek için Şekil 2.6'daki çalışma grafiği kullanılmıştır. Enzimler birlikte aynı banyoya verildikten sonra banyo pH'ı 7'ye ayarlanmış ve çalışmaya başlanmıştır. 50°C'de her otuz dakikada bir pH ölçümü

yapılmıştır. Toplam bu sıcaklıkta 120 dakika'ya kadar çalışma sürdürülmüştür. Süre sonunda sıcaklık 80°C'ye yükseltilmiş ve bu sıcaklıkta da toplam 50 dakika çalışılmış ve her 10 dakikada bir ölçüm yapılmıştır. Tüm ölçüm noktalarından deney numuneleri alınmıştır. Elde edilen pH değerleri ve ilgili diğer sonuçlar Bölüm 3 Tablo 3.43'de sunulmuştur. Bunun yanında proses boyunca; beyazlık, hidrofilite, kopma kuvveti, haşıl sökölme ve hidrojen peroksit üretimi de incelenmiştir.



Şekil 2. 20. %1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %5 *glikozoksidaz* enzimleri ile tek banyoda çalışma süresince banyodaki pH değişiminin araştırılması

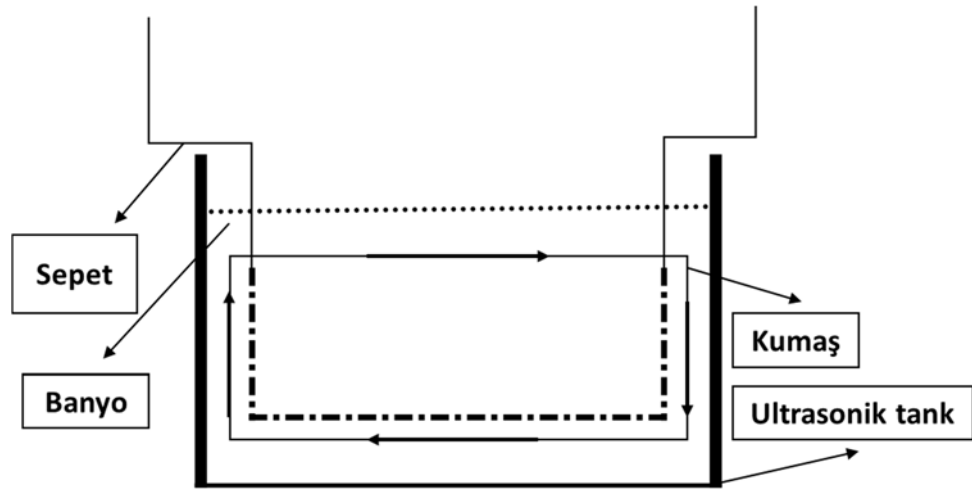
Optimize Enzimatik Ön Terbiye İşlemleri Sonrası Doğal Boyalarla Renklendirme

Tek Banyoda Ön Terbiye ve Boyama İşlemleri

Yukarıda yapılan denemeler sonucunda ultrasonun enzimatik etkiyi artırdığı gözlemlendiğinden dolayı çalışmanın bu kısmında üçlü enzimatik kombinasyon ve ardından doğal boyamacılık aynı banyoda ultrason varlığında/yokluğunda incelenmiştir. Dolayısıyla bu deneme çalışması iki adımda gerçekleşmiştir. İlk olarak enzim denemeleri optimize edilmiştir. Ardından optimize edilen çalışma parametreleri ile aynı banyoda boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

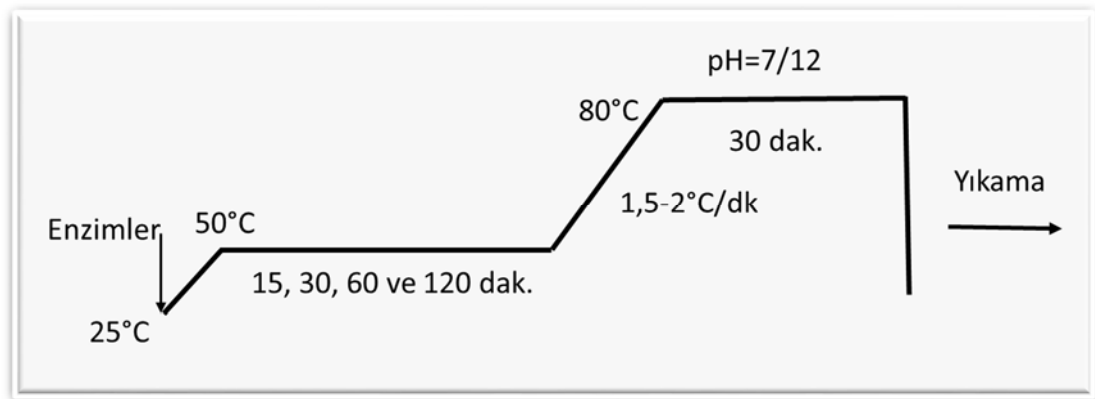
Hazırlanan tek bir ultrasonik banyo içerisinde materyalin haşılını sökme, hidrofilite özelliği kazandırma ve aynı zamanda boya için yeterli zemin beyazlığını elde edebilmek için *glikoamilaz*, *pektinaz* ve *glikozoksidaz* enzimleri birlikte yukarıda elde edilen optimum konsantrasyonlarda kullanılmıştır. Diğer bir ifadeyle %1 *pektinaz*, %5 *glikoamilaz*, %5 *glikozoksidaz* ve 1 ml/l ıslatıcı flote oranı 1/100 olacak şekilde kullanılmıştır.

Yukarıdaki denemelerden farklı olarak bu deneme çalışmaları esnasında Şekil 2.8’de verilen Elmasonic S15H (37 KHz) ultrasonic banyo içerisinde kumaşın hareket etmesi sağlanmıştır. Böylece ultrasonic enerjinin etkilerinin tüm kumaş yüzeyine yayılması hedeflenmiştir. Ultrasonik banyo içerisinde kumaş tüm çalışmalar boyunca 1 cm/dakika dönme hızı ile hareket ettirilmiştir. Ultrasonik enerjinin etkilerini takip edebilmek için benzer deneme çalışmaları ultrasonik banyo kullanılmadan da yapılmış ve tüm denemeler karşılaştırılmıştır.



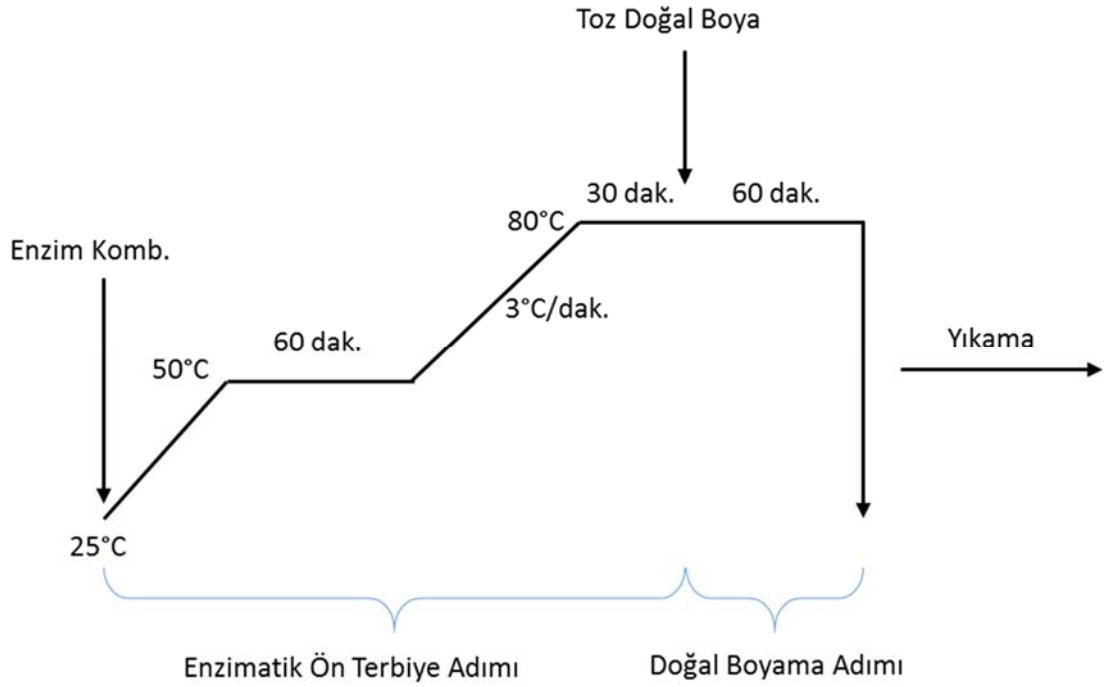
Şekil 2. 21. Ultrasonik banyo ve kumaş hareketi

Enzimatik proseslerin optimizasyonu için ultrasonik banyo içinde çalışma süresi olarak 50°C sıcaklıkta 15, 30, 60 ve 120 dakikalarda çalışılmıştır. Süre sonunda sıcaklık 80°C’ye çıkartılarak banyo pH’ı 7 veya 12 ayarlanarak 60 dakika çalışılmıştır.



Şekil 2. 22. Pamuğun enzimatik ön terbiye işlemleri çalışma grafiği

Bu çalışma kapsamında optimize edilen enzimatik ön terbiye işlemi ile boyama prosesi birleştirilerek Şekil 2.9’da görülen tek banyo ultrasonik ön terbiye ve boyama prosesi geliştirilmiştir.



Şekil 2. 23. Tek bir ultrasonik banyoda içinde pamuğun enzimatik ön terbiyesi ve doğal boyalar ile boyanması

Bu bağlamda denemeler esnasında 4 gram ham pamuklu dokuma kumaş flotte oranı 1/100 olacak şekilde %1 *pektinaz*, %5 *glikoamilaz*, %5 *glikozoksidaz* ve 1 mL/L ıslatıcı ile 50°C’de 60 dakika çalışıldıktan sonra banyo sıcaklığı 80°C’ye yükseltilerek 30 dakika daha çalışılmıştır. Çalışma esnasında banyo pH’ı 7’ye ayarlanarak değiştirilmemiştir. Ardından 4 gram öğütülmüş boya bitkileri direkt olarak enzimatik ön terbiyenin yapıldığı ultrasonik banyoya ilave edilmiştir. Şekil 2.9’da da görüldüğü gibi 60 dakika bu ilave edilen boya bitkileri ile çalışılarak renklendirme sağlanmıştır. Kombin ön terbiye ve boyama işlemi sonrasında kumaşlar Bölüm 2.2.1. deki geleneksel yıkama yöntemine göre yıkandıktan sonra kurutulmuşlardır. Bu proses için toplam çalışma süresi yaklaşık 160 dakikadır ve tek bir banyo kullanılmıştır.

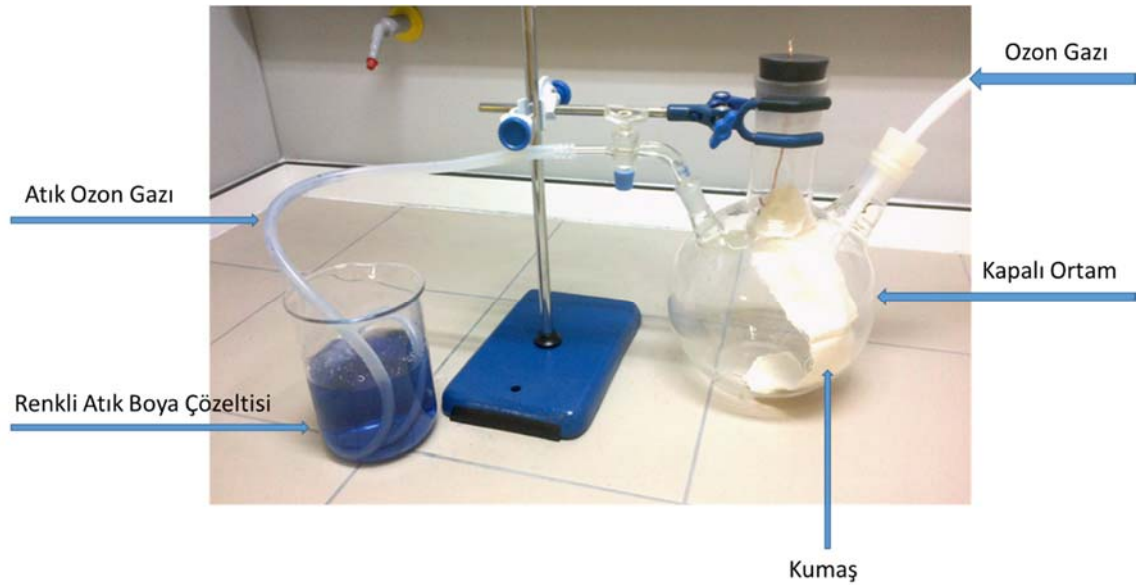
Sonuç olarak, optimize edilmiş enzimatik yöntemlerle ön terbiye işlemleri tamamlanan materyal ardından metal tuzları kullanılmadan Bölüm 1’de bahsedilen dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak renklendirilmiştir, renk verimleri ve haslık testleri

yapılmıştır. Bu amaçla ön terbiyesi gerçekleştirilmiş kumaşlar aynı banyoda, öğütülmüş fakat ekstrakte edilmemiş doğal boya kaynakları ile boyanmışlardır. Oluşturulan terbiye prosesi “Enzim-Ultrason-Doğal Boya Kombinasyonu” olarak adlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Bölüm 3’de verilmiştir.

2.2.2.3. Ozon Gazı ile Çevre Dostu Ön Terbiye Metot Denemeleri

Denemelerde ozon gazının bütün kumaşlara uygulama sıcaklığı ortam oda sıcaklığı olarak belirlenip bütün ozonlama işlemleri sonrasında kumaşlar 45°C’de 5 dakika su ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Kumaşlar oda sıcaklığında kurutulduktan sonra kumaşta meydana gelen değişimler takip edilmiştir.

Ozon jeneratörü kullanılarak üretilen ozon gazı ile pamuklu dokuma kumaşlara ön terbiye işlemleri yapılmıştır. Ozon jeneratöründen 25 g/saat O_3 gazı üretimi yapılarak çalışılmıştır. Tüm çalışmalarda kapalı ortam için ozon gazı besleme hızı 5 lt/dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Kumaşlara uygulanacak ozon gazı Şekil 2.10’de verilen deney düzeneği hazırlanarak gerçekleştirilmiştir. Ozon gazının kumaşlara uygulama işlemleri bu tez çalışması kapsamında çok farklı çalışma adımları ve denemeler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu farklı denemeler Şekil 2.11’de verilmiştir.

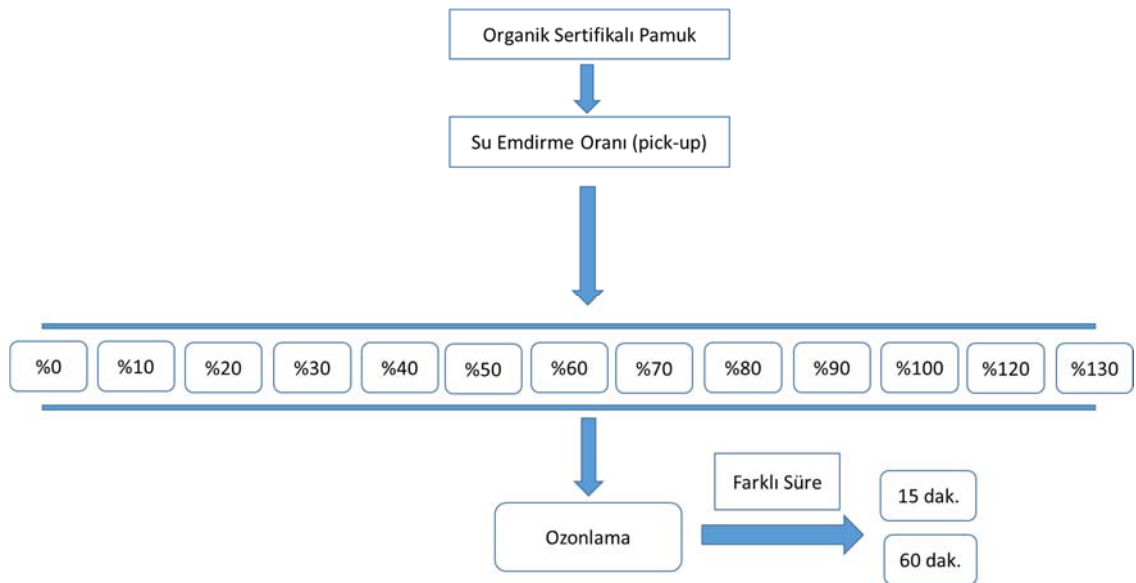


Şekil 2. 24. Ozon gazının pamuklu kumaşlara uygulama yöntemi

Ağartma işlemlerinden önce kumaşa belli oranlarda su emdirilerek nemli hale getirilmiş ve daha sonra ozon gazına tabi tutulmuştur. Ozon jeneratöründe üretilen gaz sızdırmaz silikon bir boru ile camdan yapılmış kapalı proses ortamında kumaş üzerine gaz halinde püskürtülmüştür. Böylece kapalı ortamda bulunan kumaş ortama yayılmış olan ozon gazı ile temasta bulunur ve gazın oksidasyon reaksiyonları kumaş üzerinde gerçekleşmeye başlamıştır. Kapalı sistemde bulunan ozon gazı fazlası gaz tahliye kısmından kontrollü bir şekilde atılır. Bu çalışmada özellikle atık olarak tahliye edilen ozon gazı boyama işlemlerinden sonra oluşan renkli atık boya çözeltisi üzerine gönderilmiştir. Bunun iki temel amacı vardır. Birincisi ozon atık gazını direkt atmosfere göndererek gereksiz çevre kirliliğine ve aynı zamanda atık sistemlerinin korozyona uğramasını önlenmek, diğer amacı ise özellikle bu çalışmalarda kullanılan çevre dostu boyarmadde kaynakları ile boyama işlemi gerçekleştikten sonra atık renkli boya banyosunu çevreye verilmeden önce rengini gidermek ve bu şekilde çevreye vermektir.

Ozon Gazı ile Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu

Ozon gazının kumaş üzerinde yapacağı değişim ve etkileşimleri takip ve tespit edebilmek için emdirilen suyun pH'ı 7 sabit alınarak kumaşın nem miktarı ve ozonlama süresi Şekil 2.11 kapsamında analiz edilmiştir.



Şekil 2. 25. Pamuklu kumaşlara yapılacak ozon gazı uygulamasına ait çalışma planı

Kumaşa emdirilen su banyosunun pH'si: Kumaşa emdirilen suyun pH değerinin optimize edilmesi için beş farklı su banyosunda çalışmalar yapılmıştır. Bu banyoların pH değerleri; 2, 4.5, 7, 9.5, 12 dir.

Kumaşa emdirilen su miktarı: Ozon gazının kumaşa uygulanması esnasında kumaş üzerindeki nem miktarının optimize edilmesi için farklı oranlarda materyale su emdirilmiştir. Su emdirme işlemlerinde yüzde su miktarı olarak ayarlamak için Şekil 2.5'deki laboratuvar tipi fulard'dan yararlanılmıştır. Su emdirme oranları materyal ağırlığı üzerinden şunlardır; % 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130.

Kumaşa uygulanan ozon gazı süresi: Buradaki hedef kapalı ortamda ozon gazının Optimum uygulama süresini tespit edebilmektir. 15 ve 60 dakika olmak üzere iki farklı zaman periyodu tespit edilmiştir.

Ozon Gazı Uygulaması ile Kumaş Üzerinden Suyun Uzaklaşma Hızı: Denemelerde kapalı bir ortamda Ozon gazı nemli kumaş üzerine belli bir debide püskürtülmektedir. Gaz akışı ile birlikte bir süre sonra kumaş üzerindeki nem uzaklaşmaya başlamaktadır. Bu durumunda ozon gazının etkisini azalttığı düşünülmektedir. Bunun için kumaş üzerindeki nemin uzaklaşma hızını tespit etmek üzere fulard ile kumaşa % 130 oranında nemli ve pH=7 olan su emdirildikten sonra ozon jeneratöründen üretilen ozon gazı 5 L/dakika besleme hızıyla kapalı bir ortam olan Şekil 2.8'deki deney düzeneğinde ozon gazına maruz bırakılmıştır. Çalışmaya başladıktan sonra her 5 dakikada bir kumaşın ağırlığı ölçülmüştür. Böylece kumaşın ozonlanması esnasında suyun buharlaşma hızı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ve sonuçları Bölüm 3 ve 4'de verilmiştir.

Tek başına ozon gazı ile ön terbiye işleminin boyanabilirliklere etkisini araştırmak için bu bölümde elde edilen optimum çalışma koşulları ile ön terbiyesi yapılan kumaşlar Bölüm 2.3.6'da belirtildiği şekilde dört farklı doğal boyarmadde bitkisinden ekstrakte edilen boyalarla boyanmışlardır.

Elde edilen ozonlama sonuçlarını daha da geliştirebilmek için çeşitli kimyasallar ile ozon gazının kombinasyonu araştırılmıştır.

Ozon Gazı Optimizasyonu - Doğal Boyama Kombinasyonu:

Yukarıda yapılan optimizasyon sonunda kumaş numunelerine ozon gazı ile ideal bir ön terbiye işlemi yapıldıktan sonra kumaşlar mordan maddesi kullanılmadan dört farklı

doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmışlardır. Boyama işlemi bölüm 2.3.6.'da belirtildiği gibi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar 3.bölümde sunulmuştur.

Ceşitli kimyasallar ile Ozon gazının Kombinasyonu:

Ozon gazının kumaş üzerindeki etkisini artırabilmek için farklı kimyasal maddeler ile ozon gazı kombine edilerek çalışılmıştır. Bunlar; Hidrojen peroksit, bakır sülfat, sodyum persülfat ve sodyum perborat'tır.

➤ **Ozon Gazı-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu:**

Tezin bu kısmında farklı H₂O₂ kombinasyonları ile hazırlanmış ağartma flotteleriyle emdirilmiş nişasta haşıl esaslı kumaşlara ozon gazının etkileri incelenmiştir. Nişasta haşıl esaslı dokuma kumaşa ön terbiye işlemi yapılmadan çok farklı ağartma banyoları hazırlanarak Tablo 2.5'de verilen denemeler gerçekleştirilmiştir (AF= Alınan flotte).

Tablo 2. 12. Ozon gazı ile hidrojen peroksit kombinasyonu ile yapılan denemeler

Deneme Sayısı	H ₂ O ₂ Konst. (%35) (ml/L)	NaOH (gr/L)	Islatıcı (ml/L)	AF (%)	Banyo pH	Ozon Gazı Besleme Hızı (L/dakika)	Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)
1	40	-	-	50	7	5	15-60
2	40	-	-	50	11,5	5	15-60
3	40	40	2	50	14	5	15-60
4	80	-	-	50	7	5	15-60
5	80	-	2	50	7	5	15-60
6	-	-	2	50	7	5	15-60
	-	-	2	50	7	İlgili süre boyunca sarma bekletme.	

Denemelerde; ilgili ağartma banyosundan ağartma flottesi emdirildikten sonra kumaşlar ikiye ayrılmıştır. Birinci kumaş geleneksel olarak sarma-bekletme şeklinde oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu kumaş “kör” deneme olarak adlandırılmıştır. İkinci kumaş ise 5 L/dakika Ozon gazı beslemesi olacak şekilde 15 ve 60 dakika kapalı sistemde ozon

gazına maruz bırakılmıştır. Süre sonunda her iki kumaş birlikte 45°C sıcak su banyosunda 5 dakika nötralizasyon/anti peroksit ve yıkama işleminden sonra açık havada kurutulmuştur.

Denemeler sonunda kumaşlarda meydana gelen haşıl sökülme dereceleri, hidrofilite, beyazlık (Stensby) ve CIELAB (L^*, a^*, b^*) değerleri ayrı ayrı tespit edilerek sonuçlar Bölüm 3’de verilmiştir.

➤ Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu

Farklı Konsantrasyonlarda hazırlanan Bakır sülfat/Hidrojen peroksit çözeltisi pamuklu kumaşlara emdirilerek farklı sürelerde kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmışlardır ve kumaş üzerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Yapılan deneme çalışmalarında çözelti emdirme oranı %50, Çözelti banyo pH'ı 7 olacak şekil ayarlanmış olup diğer parametreler değiştirilerek Tablo 2.6’daki denemeler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. 13. Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen Peroksit kombinasyonu ile yapılan denemeler

Deneme Sayısı	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr/lt)	H_2O_2 (%35) (ml/L)	Ozon Gazı Besleme Hızı (L/dakika)	Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)
1	1	-	5	15
2	1	40	5	15
3	1	80	5	15
4	0,1	-	5	15
5	0,1	40	5	15
6	0,1	80	5	15
7	0,1	-	5	60
8	0,1	40	5	60
9	0,1	80	5	60

➤ **Ozon Gazı-Sodyum Persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) Kombinasyonu**

Sodyum persülfat ile hazırlanmış çözelti ile emdirilen kumaşın kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakıldıktan sonra materyalde meydana gelen değişimler Bölüm 3 verilmiştir. Çözeltinin pH ayarı yapılmamış olup, kimyasallar banyoya ilave edildikten sonra yapılan ölçüm değeri 7.67 dir ve bu şekilde kullanılmıştır.

Deneme Parametreleri:

Ağartma Banyosu : 10 g/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$

Pick-up : %50

pH : 7,67

Ozon Gazı Besleme Hızı : 5 L/dakika

Ozon Gazı Uygulama Süresi: 15 dakika

➤ **Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) Kombinasyonu**

Soyum perborat ile hazırlanmış çözelti ile emdirilen kumaşın kapalı sistemde Ozon gazına maruz bırakıldıktan sonra materyalde meydana gelen değişimler bölün 3 verilmiştir. Çözeltinin pH ayarı yapılmamış olup, kimyasallar banyoya ilave edildikten sonra yapılan ölçüm değeri 10 dur ve bu şekilde çalışılmıştır.

Deneme:

Ağartma Banyosu : 10 g/L $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Pick-up : %50

pH : 10

Ozon Gazı Besleme Hızı : 5 L/dakika

Ozon Gazı Uygulama Süresi: 15 dakika

Çeşitli kimyasallar ile Ozon gazının Kombinasyonuyla ön terbiye işleminin boyanabilirliklere etkisini araştırmak için bu bölümde elde edilen optimum çalışma

koşulları ile ön terbiyesi yapılan kumaşlar Bölüm 2.3.6’da belirtildiği şekilde dört farklı doğal boyarmadde bitkisinden ekstrakte edilen boyalarla boyanmışlardır.

Ozon gazı-Ultrason Kombinasyonu:

Bu çalışmada ise ultrasonik enerjinin özellikleri ozon gazının özellikleri ile birleştirilerek kumaş üzerindeki etki mekanizmaları ve değişimler tespit edilmiştir. Ozon gazı ile terbiye işlemlerinde yapılan optimizasyon sonunda kapalı sistemde 15 dakika işlem süresi ideal olarak tespit edilmiştir.

Ozon gazının etkinliğini artırabilmek için materyal kapalı sistemde her 15 dakika ozonlama işleminden sonra 5 dakika ultrasonik banyoda yıkama işlemine tabi tutulmuş ve ardından alınan flotte %50 olacak şekilde nem düzeyine getirildikten sonra yeniden ozonlama işlemine tabi tutulmuştur.

Bu çalışmada yapılan her bir 15 dakika ozonlama ve 5 dakika ultrasonik yıkanma adımı “1.pasaj” olarak tanımlanmıştır. Ultrasonik yıkama işlemlerinde banyo pH’ı 7 ve sıcaklığı ise 45°C dir. Tablo 2.7’de verilen deney planı ile ozon gazı/ultrasonik yıkama adımı 6 pasaj olarak uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Denemeler sonunda, haşıl sökme dereceleri, hidrofilite, beyazlık ve CIE L^* , a^* , b^* değerleri tespit edilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı tablolar halinde 3. Bölümde verilmiştir.

Ozon gazı-ultrason kombinasyonu ile ön terbiye işlemleri sonrası doğal boyalarla renklendirme Bölüm 2.3.6’da belirtildiği şekilde dört farklı doğal boyarmadde bitkisinden ekstrakte edilen boyalarla ile yapılmıştır.

Ozon gazı ile çalışmalar sonrasında elde edilen veriler ışığında çok farklı çevre dostu üretim hatları tespit edilmiş olup, bunlar 4. Bölümde detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2. 14. Ozon Gazı-Ultrasonik yıkama kombinasyonu için uygulanan deney planı

Pasaj No	1	2	3	4	5	6
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	15	15	15	15	15	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	5	5	5	5	5	5
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	-	15	15	15	15	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	-	5	5	5	5	5
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	-	-	15	15	15	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	-	-	5	5	5	5
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	-	-	-	15	15	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	-	-	-	5	5	5
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	-	-	-	-	15	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	-	-	-	-	5	5
Ozon Gazı Uygulama Süresi (dakika)	-	-	-	-	-	15
Ultrasonik Yıkama Süresi (Dakika)	-	-	-	-	-	5

2.3. Değerlendirmede Kullanılan Deney ve Test Metotları

2.3.1. Beyazlık Derecesi Tayini

Kumaş numunelerinin beyazlık dereceleri Konica Minolta 3600d marka spektrofotometre de D65 ışık kaynağı altında ve 10° bakış açısı ile Stensby formülüne göre tespit edilmiştir.

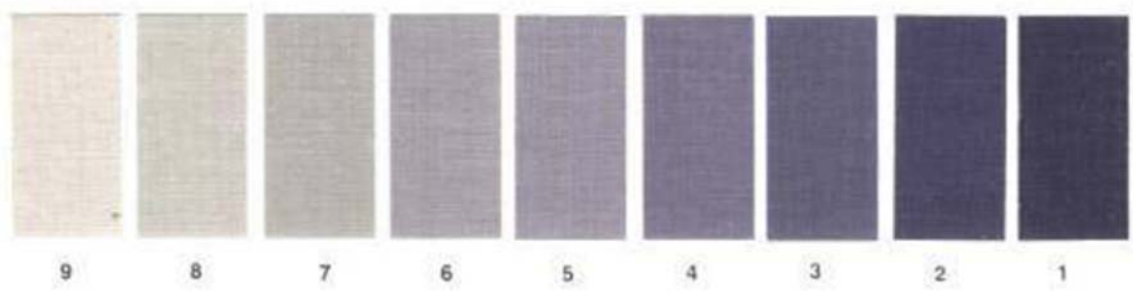
2.3.2. Hidrofilite Tayini

Hidrofillik derecesi ölçümü DIN 53924'e göre yapılmıştır. Bunun için % 1'lik Potasyum kromat çözeltisi hazırlanır. Kumaş çözeltiye 1 cm daldırıldıktan sonra kumaş üzerinde çözeltinin her 15., 30., 60. ve 90. saniyelerdeki yükselme seviyeleri (çekim hızı) milimetre olarak kumaş üzerinden ölçülür.

2.3.3. Nişasta Haşıl Tayini (TEGEWA Skalası)

Denemeler sonunda nişasta esaslı haşıl maddesi ile haşılanmış kumaşlarda yapılan işlemler sonunda kumaş üzerinde kalan nişasta haşıl maddesi miktarı I₂/KI testi ile yapılmıştır. Çözelti materyal üzerine damlatıldıktan sonra meydana gelen renk Şekil

2.12'deki TEGEWA Skalası ile karşılaştırılarak kalitatif olarak tespit edilmiştir. Nişasta I_2/KI çözeltisi ile lacivert renk verir. Nişastanın parçalanması arttıkça lacivert renk açılmaya başlar. Skala 1 ile 9 arasında dokuz farklı bölümde oluşmaktadır. 1:Çok kötü (Kumaş üzerinde çok miktarda nişasta haşıl maddesi var.), 9:Çok iyi (Kumaş üzerinde nişasta esaslı haşıl maddesi yok) anlamını taşır.



Şekil 2. 26. Nişasta esaslı haşıl maddesinin kumaş üzerindeki kalan miktarının tespit edilmesinde kullanılan Tegewa skalası

2.3.4. Yüzde Ağırlık Kaybı Tayini

Yapılan denemeler sonunda kumaşlarda meydana gelen ağırlık kayıpları kantitatif olarak (2.1) nolu formül kullanılarak hesaplanmıştır. Numuneler % 65 Bağıl nem, 20°C sabit ağırlığa gelene kadar kondisyonlanmıştır.

$$\% \text{ Ağırlık Kaybı} = \frac{(\text{İlk Tartım} - \text{Son Tartım})}{\text{İlk Tartım}} \times 100 \quad (2.1)$$

2.3.5. Hidrojen Peroksit Tayini

Nişasta haşıl maddesinin parçalanması sonucu glikozoksidaz enzimi etkisi ile oluşan hidrojen peroksitin banyodaki miktarını tespit etmek için kullanılan test metodu ve hesaplama yöntemi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır.

Banyodaki H_2O_2 Tayini:

- 10 ml ağartma flottesini banyodan 50 ml'lik Erlene alınır,
- 40 ml %10'luk H_2SO_4 çözeltisi ilave edilir.
- 0,1 N $KMnO_4$ çözeltisi ile renk dönünceye kadar titre edilir.

- Sarfiyat ml olarak kaydedilir. 1 ml n/10 KMnO_4 1,7008 mg H_2O_2 ve 0,8 mg aktif oksijen içerir [164].

2.3.6. Doğal Boyalarla Boyanabilirlik ve Renk Verimliliği (K/S) Tayini

Boyama işlemleri HT laboratuvar tipi boya makinalarında çektirme metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Flotte oranı 1/40 olarak çalışılmıştır. Boyarmadde kaynakları önceden kurutulmuş ve öğütülmüş olarak hazırlanmış olan atık bitkiler kullanılmıştır. Boyamaya oda sıcaklığında başlayıp dakikada 1,5-2°C ısıtma hızı ile 100°C'ye kadar çıkılmış ve bu sıcaklıkta 60 dakika boyama işlemine devam edilmiştir.

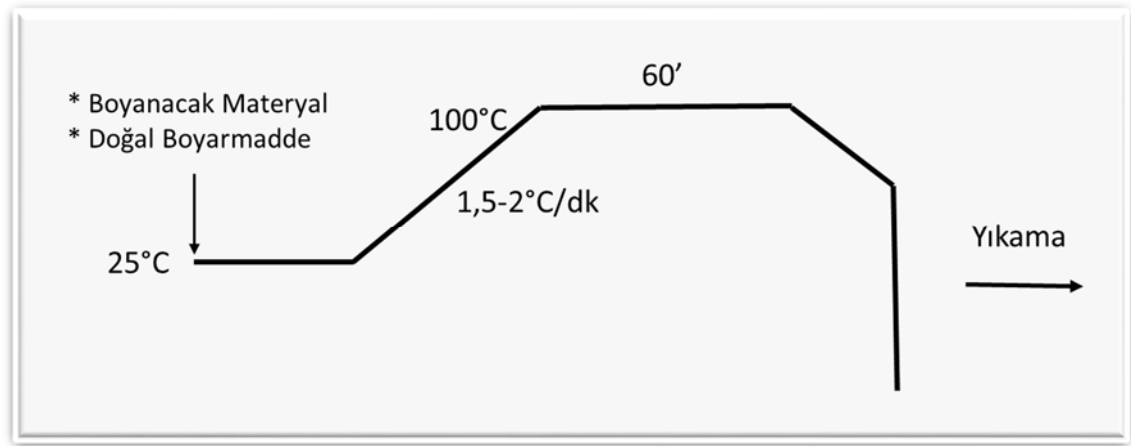
Çevre dostu yöntemlerde boyama öncesinde veya sonrasında kumaşlara herhangi bir mordanlama işlemi yapılmamıştır. Kullanılan boyarmadde miktarı 1:1 olup materyal ağırlığı kadar boyarmadde kaynağı kullanılmıştır. Boyamalarda kullanılan doğal boya bitkileri direkt olarak boyama işleminde kullanıldıkları gibi ayrıca aynı miktarda kullanımı sağlanacak şekilde ekstrakte edilerek de kullanılmışlardır. Bu amaçla Şekil 2.13'de verilen ekstraksiyon düzeneği ile nar kabuğu, fındikkabuğu, portakal ağacı yaprağı ve havacıva bitkilerinin boya ekstrakteleri alınmıştır.



Şekil 2. 27. Bitkilerden boyarmadde ekstraktelerinin elde edildiği ekstraksiyon düzeneği

Bitkiler ekstraksiyon öncesinde kurutulup değirmenden geçirilerek toz haline getirilmiştir. 1 gram boyanacak materyal için 1 gram boyarmadde kaynağı ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte işleminde su kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi bitkilerde boyarmadde kalmayıncaya kadar devam etmiştir. Boyarmaddelerin ekstrakteleri alındıktan sonra bu ekstrakteler boya banyosu olarak kullanılmıştır. Boyama öncesinde kumaşlarda her hangi bir metal tuzu kullanılmamıştır.

Boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği akış şeması Şekil 2.14’de verilmiştir.



Şekil 2. 28. HT Boyama makinasında boyama prosesi

Boyanmış kumaş numunelerinin renk verimlilikleri (K/S) Konica Minolta 3600d marka spektrofotometre de D65 ışık kaynağı altında ve 10° bakış açısı ile Kubelka Munk denkleminde göre hesaplanmıştır [165, 166]. Boyanmış kumaşların renklerini analiz etmek için CIE $L^*a^*b^*$ değerleri de ayrıca ölçülmüştür. “ L^* ” değeri açıklık eksenidir. Bu değer siyahta sıfırdan başlayıp, beyaz için 100’e ulaşır. “ a^* ” yeşil-kırmızı eksen, “ b^* ” Mavi-Sarı eksen, “ C ” doygunluğu, “ h ” renk cinsini ve ($h=0^\circ$ Kırmızı, $h=90^\circ$ Sarı, $h=180^\circ$ Yeşil, $h=270^\circ$ Mavi) renklerin pozisyonunu vermektedir [167].

2.3.7. Renk Haslık Testleri

Yapılan boya denemeleri sonunda kumaşların **Işık Haslığı** (ISO 105-B02 standardına göre (1-8 puan aralığında mavi skala)) [168], **Yıkama Haslığı** (ISO 105-C10 standardına göre) [169], **Sürtme Haslığı** (ISO 105-X12 standardına göre) [170], **Ter Haslığı** (ISO

105-E04 standardına göre) [171] test edilmiştir. Sonuçlar Gri Skala (1-5 puan aralığında) [172] ile değerlendirilmiştir.

2.3.8. Antibakteriyel Özellik Tayini

Boyalı kumaşlarda, doğal boyaların özelliklerinden kaynaklanabilecek olan antibakteriyel özelliklerini tayin etmek için seçilmiş numunelerin ASTM E-2149-01 [173] standardına göre hareketli ortamda E-coli (*Escherichia coli*) bakterisine karşı antibakteriyel özellikleri test edilmiştir.

2.3.9. Kir İticilik Tayini

Doğal boyaların yapısından kaynaklanabilecek olan kir iticilik özelliklerini tayin etmek için seçilmiş numunelerin analizi yapılmıştır. Bu amaçla AATCC Test Metot 130 [174] standardı, boyalı numunelerin doğal boyaların yapısından kaynaklanabilecek kir, yağ vb. iticilik özelliklerinin araştırılmasında kullanılmıştır. Bu amaçla iki farklı kir çözeltisi olan çay ve kahve leke çözeltileri aşağıda açıklandığı gibi hazırlanmış ve uygulanmıştır.

Çay Leke Çözeltisi

Çay lekесinin hazırlanması ve uygulanması: 100°C’de kaynatılmış su ile 10 gr/L çay ve 2 gr/L şeker çözeltisi hazırlanarak 20 dakika çayın demlenmesi sağlanır. Süre sonunda leke hazır hale gelmiştir.

Kahve Leke Çözeltisi

100°C’de kaynatılmış su ile 10 gr/L Nescafe çözeltisi hazırlanır. Demlenmesine gerek yoktur. Direkt olarak kullanılabilir.

Testin Yapılışı

7,6 cm * 7,6 cm ebatlarında deney numuneleri hazırlanır. Hazırlanan çay ve kahve lekeleri deney yapılacak kumaş numuneleri üzerine ayrı ayrı 5 damla damlatılır. Lekeli kumaş numuneleri 25 dk. bekletilir. Deney numunelerine yıkama işlemine tabi tutulur.

Yıkama İşlemi

Beherde 40°C’de 30 dakika boyunca deterjansız yıkama yapılır, Yıkamadan sonra kurumaya bırakılır, Kuruduktan sonra gri skalalarla değerlendirme yapılır.

2.3.10. Parlaklık Tayini

Doğal boyaların yapısından kaynaklanabilecek farklı parlaklık özelliklerini tayin etmek için seçilmiş numunelerin analizi yapılmıştır. Bu amaçla Konica Minolta – Multi Gloss 268 Plus parlaklık ölçüm cihazı kullanılarak 20°, 60° ve 85° derecelik ölçümler GU (Gloss Units) olarak ASTM D-523 [175] standardına göre yapılmıştır. Test ölçüm şartları; 24°C de % 3.

2.3.11. Boya Çözeltisi Ölçümleri (Spektrofotometre)

Doğal boyamacılık için kullanılan dört farklı doğal boya kaynağından elde edilen boya çözeltilerinin absorbans eğrileri VWR UV/Vis-3100 PC marka spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Doğal boyaların 1:1 ve 1:10 olacak şekilde çözeltileri hazırlanmıştır. (1:1 boya çözeltisi direkt olarak kullanıldı, 1:10 boya çözeltisi su ile 10 kat seyreltilerek kullanıldı).

Sertifikalı pamuklu kumaş: Pamuk tarladan başlayarak fabrikada terbiye ünitesine gelene kadar pestisit, fungusit, ensektisit, rodentisit gibi zararlı kimyasallar kullanılmadan yapılan üretim sonucu adlandırılan kumaşlara denir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Ön Terbiyesi

Nişasta esaslı haşıl maddeleri ihtiva eden pamuklu dokuma kumaşlara geleneksel çektirme yöntemine göre Bölüm 2.2.1’de verilen reçeteler uygulanarak ön terbiye işlemleri yapılan kumaşların haşıl sökme, hidrofilite, kopma kuvveti, beyazlık ve ağırlık değişimleri incelenmiştir. İşlemler sonunda kumaşlarda meydana gelen değişimler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3. 20. Nişasta haşıl esaslı kumaşlara uygulanan geleneksel ön terbiye prosesi sonucu meydana gelen değişimler.

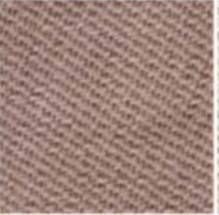
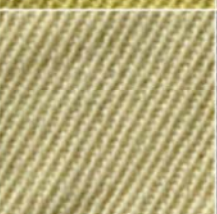
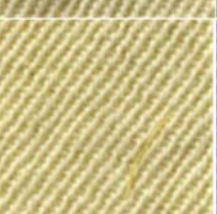
	% ağırlık Değişimi	Kopma Kuvveti (N)	Haşıl Sökme (Tegewa)	Beyazlık (Stensby)	Hidrofilite (mm/90 s)
Ham	0	4,80	1	52,00	0
Haşıl Sökme (α -amilaz)	5,40	4,30	5	56,77	10
Hidrofilileştirme	5,48	4,03	7	58,20	16
Ağartma	7,59	3,80	8	77,20	23

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesi

Bölüm 2’de verilen geleneksel boyama yöntemi kullanılarak ön terbiye işlemleri tamamlanan kumaş numuneleri dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmıştır. Boya bitkileri boya banyolarına direkt olarak katılmıştır.

Ayrıca boyama sırasında dört farklı mordan maddesi de (birlikte mordanlama) kullanılmıştır. Boyamalar sonunda elde edilen renk tonları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3. 21. Geleneksel yöntemler ile pamuklu kumaşların doğal boyarmaddelerle ve mordanlı/mordansız kullanılarak boyanmış numune renkleri.

	NK	FK	PAY	HC
Mordansız				
FeSO₄.7H₂O				
CuSO₄.5H₂O				
K₂Cr₂O₇				
KAISO₄.12H₂O				

Bu çalışmada geleneksel olarak bilinen ve yaygın olarak kullanılan demir sülfat, bakır sülfat, potasyum dikromat ve şap tuzları mordan maddesi olarak kullanılmıştır. Mordansız boyama işlemi yapılarak da renkler karşılaştırılmıştır.

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) Koordinatları

Geleneksel olarak yapılan boyama işlemlerinden sonra boyalı kumaşların spektrofotometrede elde edilen renk değerleri Tablo 3.3’de sunulmuştur.

Tablo 3. 22. Pamuklu kumaşın doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanması sonucu elde edilen numunelerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

Mordan Maddesi		NK	FK	PAY	HC
Mordansız	K/S	4,55	0,85	0,55	0,92
	L^*	57,57	67,16	78,99	69,41
	a^*	3,37	6,48	0,73	2,96
	b^*	20,23	7,15	11,61	9,13
	C^*	20,51	9,65	11,63	9,6
	h	80,55	47,8	86,38	72,01
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	K/S	4,56	0,41	0,92	2,12
	L^*	49,73	76,60	74,83	49,32
	a^*	2,76	1,07	-0,89	-0,04
	b^*	8,98	4,74	14,11	-1,53
	C^*	9,40	4,86	14,14	1,53
	h	72,93	77,28	93,61	268,54
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	K/S	6,33	0,48	1,60	1,14
	L^*	61,66	77,34	75,89	64,64
	a^*	2,95	2,69	-3,13	4,36
	b^*	29,24	8,81	30,64	7,37
	C^*	29,38	9,21	30,80	8,56
	h	84,24	73,01	95,83	59,39
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	K/S	4,00	0,40	0,90	2,65
	L^*	66,54	78,17	80,19	46,02
	a^*	2,80	2,19	-1,71	-2,07
	b^*	32,33	7,00	19,00	-4,93
	C^*	32,45	7,33	19,08	5,35
	h	85,06	72,61	95,13	247,26
$\text{KAlSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	K/S	6,72	0,37	0,97	4,14
	L^*	68,10	81,49	80,26	46,16
	a^*	2,42	2,94	-1,89	13,79
	b^*	34,10	9,55	20,09	-16,55
	C^*	34,18	9,99	20,18	21,55
	h	85,95	72,89	95,38	309,79

NK: Nar kabuğu, FK: Fındıkkabuğu, PAY: Portakal Ağacı yaprağı, HC: Havacıva

Haslık Test Sonuçları

Geleneksel olarak yapılan boyamalar sonunda yapılan haslık test sonuçları Tablo 3.5’de verilmiştir. Sürtme, yıkama, ışık ve ter haslıkları için sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Tablo 3. 23. Pamuklu kumaşın doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanmış numunelerinin haslık test sonuçları

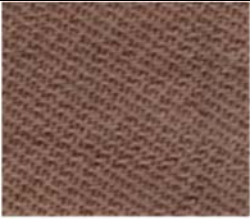
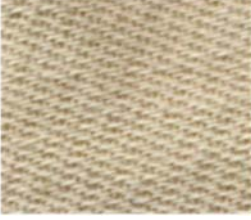
Mordan Maddesi	Haslık			NK	FK	PAY	HC
Mordansız	Sürtme		Y	3	4/5	4/5	5
			K	3	5	5	4/5
	Yıkama		L	5	4/5	4/5	5
			R	4/5	5	5	5
	Işık			5	2	2	2
	Ter	Asidi k	R	4	4	4/5	4
			L	4	4/5	4	4
		Bazık	R	5	4/5	4/5	4
			L	4	4	4/5	5
FeSO ₄ .7H ₂ O	Sürtme		Y	4	5	4	4
			K	4/5	5	5	3/4
	Yıkama		L	5	5	5	5
			R	5	4/5	5	5
	Işık			6	2/3	2	2
	Ter	Asidi k	R	4	4/5	4	4
			L	4/5	4/5	4	4/5
		Bazık	R	4/5	4	4	4/5
			L	4	4	4	4
Cu SO ₄ .5H ₂ O	Sürtme		Y	3	5	5	4/5
			K	4/5	4/5	5	4/5
	Yıkama		L	5	5	4/5	5
			R	5	4/5	4/5	5
	Işık			6	3	5	2
	Ter	Asidi k	R	4	4	4/5	4
			L	4/5	4/5	4	4
		Bazık	R	4/5	4	4	4
			L	4	4/5	4	4/5
K ₂ Cr ₂ O ₇	Sürtme		Y	4/5	5	5	4/5
			K	3	4/5	4/5	5
	Yıkama		L	5	5	5	5
			R	4	5	5	5
	Işık			6	2	4	3
	Ter	Asidi k	R	4/5	4/5	4/5	4/5
			L	4	4	4	4
		Bazık	R	4	4	4	4
			L	4/5	4	4	4
KAISO ₄ .12H ₂ O	Sürtme		Y	4/5	5	5	4/5
			K	4/5	5	5	3
	Yıkama		L	5	5	5	5
			R	4/5	5	4	5
	Işık			6	2	2	3
	Ter	Asidi k	R	4	4	4/5	4
			L	4	4	4	4
		Bazık	R	4	4	4/5	4
			L	4	4	4	5

Pamuklu kumaşlar farklı mordan maddeleri ve doğal boyarmadde kaynakları ile geleneksel olarak ön terbiye ve boyama işlemleri yapılmış, renk verimleri ve haslık test sonuçları tespit edilmiştir. Çevre dostu olarak yapılacak ön terbiye ve boyama deneme çalışmalarının sonuçları elde edilen bu sonuçlar ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

Geleneksel Ön terbiye İşlemi ve Doğal boya Ekstraktesi ile Boyama

Ayrıca geleneksel ön terbiye yöntemleri ile iki aşamalı bir ön terbiye işlemi daha planlanmış ve bu çalışmadan iki farklı deneme numunesi elde edilmiştir. Bunlar; haşıl sökme-piştirme ve haşıl sökme-piştirme-ağartma yapılmış kumaş numuneleridir. Bu deneme numuneleri de 2. bölümde açıklanan yöntem ile elde edilen boya ekstrakteleri ile geleneksel yöntemler kullanılarak mordan maddesi kullanılmadan boyanmış ve haslık sonuçları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 24. Pamuklu kumaşın haşıl sökme-piştirme/haşıl sökme-piştirme-ağartma sonrasında doğal boya ekstraktesi ile boyanmasından elde edilen renkler.

	NK	FK	PAY	HC
HS+HD				
HS+HD+A				

Tablo 3. 25. Pamuklu kumaşın haşıl sökme-piştirme/haşıl sökme-piştirme-ağartma sonrasında doğal boya ekstraktesi ile boyanmasından elde edilen renklerin haslık test sonuçları.

Mordan Maddesi	Haslık		NK	FK	PAY	HC
HS+HD	Sürtme	Y	3	4/5	4/5	5
		K	3/4	5	5	4/5
	Yıkama	L	5	4/5	4/5	4/5
		R	4/5	4/5	5	5
	Işık		5	2	2	2
	Ter	Asidik	R	4	4	4/5
			L	4	4	4/5
		Bazik	R	5	4/5	4
			L	4	4	4/5
HS+HD+A	Sürtme	Y	4	4/5	4	4
		K	4/5	5	4/55	3/4
	Yıkama	L	5	5	5	5
		R	4/55	4/5	5	5
	Işık		6	2/3	2	2
	Ter	Asidik	R	4	4/5	4
			L	4/5	4/5	4/5
		Bazik	R	4/5	4	4/5
			L	4	4	4

Tablo 3. 26. Pamuklu kumaşın Haşıl sökme-Hidrofilileştirme-Ağartma-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri.

Pasaj No		NK	FK	PAY	HC
HS+HD	K/S	2,96	1,73	0,81	1,45
	L^*	56,26	59,53	74,84	64,55
	a^*	2,42	7,68	1,49	3,69
	b^*	12,26	9,85	12,99	10,97
	C^*	12,5	12,49	13,07	11,57
	h	78,81	52,05	83,45	71,42
HS+HD+A	K/S	4,55	0,85	0,55	0,92
	L^*	57,57	67,16	78,99	69,41
	a^*	3,37	6,48	0,73	2,96
	b^*	20,23	7,15	11,61	9,13
	C^*	20,51	9,65	11,63	9,6
	h	80,55	47,8	86,38	72,01

Bir başka çalışmada ise geleneksel olarak yapılan doğal boya çalışmalarına ozon gazının etkilerini tespit etmek için yeni bir çalışma planlanmış ve ön terbiyesi ve doğal boyaması

tamamlanan kumaşlar üzerine farklı ozon gazı uygulamaları aşağıdaki bölümde açıklandığı şekilde uygulanarak etkileri araştırılmıştır.

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesinde Ozon Gazının Kullanımı

Doğal Boya-Ozon Kombinasyonu

Çalışmanın bu kısmında Geleneksel yöntemlerle ön terbiyesi yapılmış nişasta haşıl esaslı pamuklu kumaşlar, yine geleneksel yöntemler kullanılarak dört farklı boya kaynağı ve dört farklı mordan maddesi ile birlikte boyama işlemi tabi tutulmuştur. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra kumaşlar ve/veya boyama banyoları ile birlikte dört farklı şekilde planlanan ozon gazına maruz bırakılmışlardır. Böylece ozon gazı ile geleneksel doğal boyamacılık kombine edilmiştir.

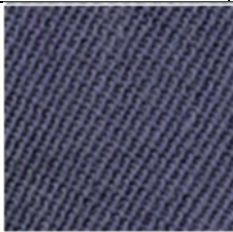
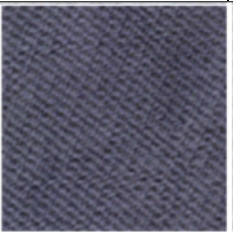
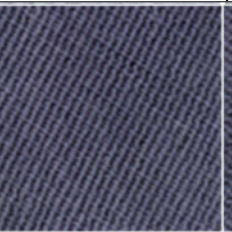
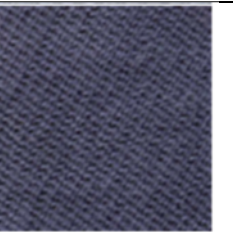
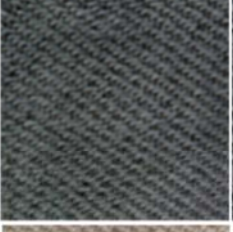
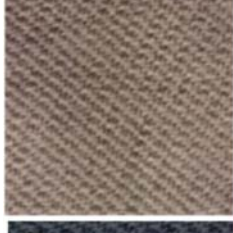
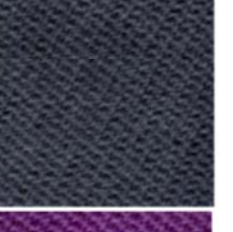
Denemeler sonunda numunelerden elde edilen renkler ve haslık test sonuçları ilgili tablolarda verilmiştir. Boyama işlemleri tamamlanan kumaşlara/banyolara aşağıda verilen uygulama adımları yapılmıştır.

- 5. Uygulama:** Boyama işleminden sonra boyalı kumaşa, taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.
- 6. Uygulama:** Boyama işleminden sonra boyalı kumaşa, taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama ve ardından alınan flotte %50 olacak şekilde ayarlanarak 10 dakika Şekil 2.10'daki düzenek (ozon debisi 5 L/dak.) ile ozon gazı uygulanmış ve sonra taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.
- 7. Uygulama:** Boya banyosundan çıkartılan kumaş her hangi bir yıkama işlemine tabi tutulmadan içinden 5 L/dak. hızla ozon gazı geçirilen su banyosuna konularak 10 dakika çalışılmış ve sonra taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.
- 8. Uygulama:** Bu kumaş ise boyama tamamlandıktan sonra boya banyosu soğutulup kumaş banyodan hiç çıkarılmadan banyo içerisindeki suya 5 L/dak. hızla ozon gazı verilerek 10 dak. çalışılmış ve sonra taşmalı yıkama-sabunlu yıkama-sıcak yıkama-kurutma işlemleri yapılmıştır.

Kurutma işlemleri oda sıcaklığında yapılmıştır. Tüm bitkiler için elde edilen renkler ve haslık test sonuçları ilgili tablolarda sunulmuştur.

Havacıva: Havacıva bitkisi geleneksel olarak dört farklı mordan maddesi ve mordan kullanılmadan boyandıktan sonra dört farklı şekilde ozon gazına maruz bırakılmıştır. Tablo 3.8’de ozon gazına maruz kaldıktan sonra elde edilen renk tonları görülmektedir.

Tablo 3. 27. Havacıva bitkisi ile boyanmış pamuklu kumaşın farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları.

Mordan	1.	2.	3.	4.
Mordansız				
FeSO ₄ .7H ₂ O				
CuSO ₄ .5H ₂ O				
K ₂ Cr ₂ O ₇				
KAISO ₄ .12H ₂ O				

Nar Kabuğu: Nar kabuğu geleneksel olarak dört farklı mordan maddesi ve mordan kullanılmadan boyandıktan sonra dört farklı şekilde ozon gazına maruz bırakılmıştır. Tablo 3.9’de ozon gazına maruz kaldıktan sonra elde edilen renk tonları görülmektedir.

Tablo 3. 28. Nar kabuğu ile boyanmış pamuklu kumaşın farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları.

Mordan	1	2	3	4
Mordansız				
FeSO ₄ .7H ₂ O				
CuSO ₄ .5H ₂ O				
K ₂ Cr ₂ O ₇				
KAISO ₄ .12H ₂ O				

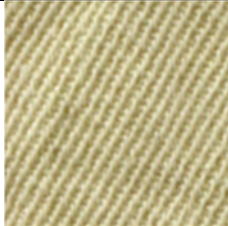
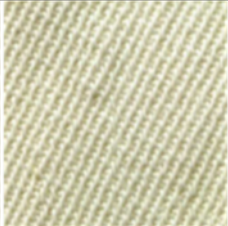
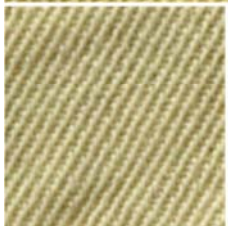
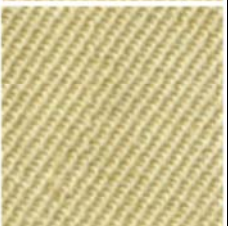
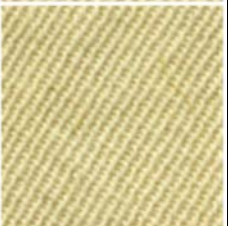
Fındıkkabuğu: Fındıkkabuğu geleneksel olarak dört farklı mordan maddesi ve mordan kullanılmadan boyandıktan sonra dört farklı şekilde ozon gazına maruz bırakılmıştır. Tablo 3.10’de ozon gazına maruz kaldıktan sonra elde edilen renk tonları görülmektedir.

Tablo 3. 29. Fındıkkabuğu ile boyanmış pamuklu kumaşın farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları.

Mordan	1	2	3	4
Mordansız				
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$				
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$				
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$				
$\text{KAlSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$				

Portakal ağacı yaprağı: Portakal ağacı yaprağı geleneksel olarak dört farklı mordan maddesi ve mordan kullanılmadan boyandıktan sonra dört farklı şekilde ozon gazına maruz bırakılmıştır. Tablo 3.11’de ozon gazına maruz kaldıktan sonra elde edilen renk tonları görülmektedir.

Tablo 3. 30. Portakal ağacı yaprağı ile boyanmış pamuklu kumaşın farklı ozon gazı uygulamaları sonucu meydana gelen renk tonları.

Mordan	1	2	3	4
Mordansız				
FeSO ₄ .7H ₂ O				
CuSO ₄ .5H ₂ O				
K ₂ Cr ₂ O ₇				
KAISO ₄ .12H ₂ O				

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

Geleneksel yöntemlerle ön terbiyesi yapılmış nişasta haşıl esaslı pamuklu kumaşların dört farklı mordan maddesi ve dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak boyanmış pamuklu kumaşın dört farklı ozon gazı uygulaması sonunda kumaşlarda meydana gelen değişimleri ve spektral analizleri ilgili tablolarda verilmiştir. Havacıva bitkisi ile ilgili veriler Tablo 3.12’de sunulmuştur.

Tablo 3. 31. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri (Havacıva)

Mordan	Renk Verimi	1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	K/S	2,31	1,78	2,14	2,41
	L^*	49,07	52,64	50,35	49,33
	a^*	-0,89	-0,14	-0,67	-0,92
	b^*	-9,17	-6,73	-8,37	-8,24
	C^*	9,21	6,74	8,40	8,29
	h	264,49	268,88	265,42	263,64
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	K/S	2,12	1,68	2,17	2,35
	L^*	49,32	54,21	48,23	49,37
	a^*	-0,04	-0,14	-0,28	-0,07
	b^*	-1,53	0,09	-2,28	-1,28
	C^*	1,53	0,54	2,30	1,28
	h	268,54	158,03	263,03	266,38
$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	K/S	1,14	0,98	1,04	1,19
	L^*	64,64	66,81	66,14	65,21
	a^*	4,36	3,76	4,58	4,21
	b^*	7,37	7,17	7,48	7,72
	C^*	8,56	8,09	8,77	8,80
	h	59,39	62,36	58,52	61,38
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	K/S	2,65	1,86	2,60	2,78
	L^*	46,02	51,18	46,70	45,63
	a^*	-2,07	-1,45	-1,68	-1,45
	b^*	-4,93	-3,67	-5,31	-5,43
	C^*	5,35	3,94	5,57	5,62
	h	247,26	248,37	252,45	255,00
$\text{KAlSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	K/S	4,14	1,33	3,03	4,29
	L^*	46,16	60,37	51,10	47,46
	a^*	13,79	5,72	11,58	13,51
	b^*	-16,55	-8,38	-14,63	-16,43
	C^*	21,55	10,15	18,66	21,27
	h	309,79	304,33	308,34	309,43

Geleneksel yöntemlerle nar kabuğu ile boyanmış kumaşların ilgili spektral verileri Tablo 3.13’de sunulmuştur.

Tablo 3. 32. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri (Nar kabuğu)

Mordan	Renk Verimi	1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	K/S L^* a^* b^* C^* h	1,61 72,59 2,70 18,15 18,35 81,54	1,11 77,83 2,37 17,01 17,17 82,07	2,50 72,43 3,06 20,30 20,53 81,43	1,73 73,07 2,33 17,42 17,58 82,39
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	K/S L^* a^* b^* C^* h	4,56 49,73 2,76 8,98 9,40 72,93	2,82 55,09 1,32 7,04 7,16 79,36	7,02 44,66 3,34 11,63 12,10 74,01	6,75 44,57 3,16 10,95 11,39 73,92
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	K/S L^* a^* b^* C^* h	6,33 61,66 2,95 29,24 29,38 84,24	4,56 64,70 2,65 27,41 27,54 84,49	5,85 63,38 2,61 29,10 29,22 84,89	5,14 65,43 1,98 27,93 28,00 85,95
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	K/S L^* a^* b^* C^* h	4,00 66,54 2,80 32,33 32,45 85,06	1,95 73,75 1,44 27,33 27,37 87,00	5,43 63,30 3,46 33,71 33,89 84,14	4,20 65,75 2,86 32,05 32,18 84,91
$\text{KAlSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	K/S L^* a^* b^* C^* h	6,72 68,10 2,42 34,10 34,18 85,95	4,49 72,75 2,18 32,74 32,81 86,20	7,25 66,71 3,03 35,05 35,18 85,07	9,36 63,19 4,76 36,60 36,91 82,59

Geleneksel yöntemlerle fındikkabuğu ile boyanmış kumaşların ilgili spektral verileri Tablo 3.14’da sunulmuştur.

Tablo 3. 33. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri (Fındıkkabuğu)

Mordan	Renk Verimi	1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	K/S	0,48	0,62	0,46	0,38
	L^*	77,46	75,51	77,58	79,87
	a^*	3,71	4,76	3,78	3,23
	b^*	8,91	10,85	8,32	8,01
	C^*	9,64	11,85	9,13	8,63
	h	67,40	66,31	65,59	68,04
FeSO ₄ .7H ₂ O	K/S	0,41	0,31	0,38	0,41
	L^*	76,60	80,92	77,34	75,88
	a^*	1,07	0,51	1,14	1,01
	b^*	4,74	5,56	4,67	4,24
	C^*	4,86	5,58	4,81	4,36
	h	77,28	84,85	76,32	76,54
Cu SO ₄ .5H ₂ O	K/S	0,48	0,37	0,58	0,49
	L^*	77,34	81,54	75,02	77,39
	a^*	2,69	2,16	3,28	2,56
	b^*	8,81	9,26	8,95	9,12
	C^*	9,21	9,51	9,53	9,48
	h	73,01	76,86	69,89	74,36
K ₂ Cr ₂ O ₇	K/S	0,40	0,42	0,78	0,35
	L^*	78,17	78,98	71,01	79,79
	a^*	2,19	2,59	3,97	1,97
	b^*	7,00	8,89	9,35	7,07
	C^*	7,33	9,26	10,16	7,34
	h	72,61	73,85	67,04	74,44
KAlSO ₄ .12H ₂ O	K/S	0,37	0,34	0,44	0,39
	L^*	81,49	82,70	79,26	80,72
	a^*	2,94	2,49	3,51	3,05
	b^*	9,55	9,45	9,63	9,20
	C^*	9,99	9,77	10,25	9,70
	h	72,89	75,28	69,96	71,68

Geleneksel yöntemlerle Portakal ağacı yaprağı ile boyanmış kumaşların ilgili spektral verileri Tablo 3.15’de sunulmuştur.

Tablo 3. 34. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri (Portakal ağacı yaprağı)

Mordan	Renk Verimi	1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	K/S	0,78	0,25	0,78	0,77
	L^*	80,46	86,71	80,00	79,69
	a^*	-2,17	-1,08	-1,89	-1,89
	b^*	15,73	9,49	15,81	15,04
	C^*	15,88	9,55	15,93	15,16
	h	97,85	96,49	96,80	97,15
FeSO ₄ .7H ₂ O	K/S	0,92	0,57	1,00	0,73
	L^*	74,83	80,12	74,04	77,17
	a^*	-0,89	-0,54	-1,45	-1,47
	b^*	14,11	12,97	14,85	13,79
	C^*	14,14	12,98	14,92	13,87
	h	93,61	92,37	95,58	96,09
Cu SO ₄ .5H ₂ O	K/S	1,60	0,46	1,76	1,71
	L^*	75,89	83,24	75,33	75,22
	a^*	-3,13	-2,56	-2,46	-2,11
	b^*	30,64	15,26	31,55	31,27
	C^*	30,80	15,48	31,65	31,34
	h	95,83	99,53	94,46	93,85
K ₂ Cr ₂ O ₇	K/S	0,90	0,31	0,90	0,88
	L^*	80,19	86,03	79,64	80,56
	a^*	-1,71	-1,14	-1,58	-1,74
	b^*	19,00	11,44	19,03	19,38
	C^*	19,08	11,50	19,09	19,45
	h	95,13	95,71	94,74	95,13
KAISO ₄ .12H ₂ O	K/S	0,97	0,48	0,75	0,97
	L^*	80,26	83,95	81,36	81,92
	a^*	-1,89	-1,14	-1,46	-2,41
	b^*	20,09	14,11	17,31	21,57
	C^*	20,18	14,15	17,37	21,70
	h	95,38	94,64	94,83	96,39

Haslık Test Sonuçları

Dört farklı mordan maddesi ve dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile geleneksel yöntemlerle boyanmış pamuklu kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tablolarda verilmiştir. L: Lekeleme, R: Renk Değişimi, K:Kuru, Y: Yaş.

Tablo 3. 35. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları (Havacıva)

Mordan	Haslık		1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	Sürtme Haslığı	Y	4	4/5	4/5	2/3
		K	3/4	5	4/5	3
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	3	3	3	3
	Ter Haslığı	L	4	4/5	5	5
		R	4/5	4	4/5	4/5
	Işık Haslığı		2	1	2	2
FeSO ₄ .7H ₂ O	Sürtme Haslığı	Y	4	4/5	4/5	4/5
		K	3/4	4	4/5	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	5	4/5	5	5
		R	5	4/5	5	5
	Işık Haslığı		2	2	2	2
Cu SO ₄ .5H ₂ O	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	4/5	4
		K	4/5	5	4/5	4
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	4	4
	Ter Haslığı	L	4/5	4/5	4/5	4/5
		R	4/5	4/5	4/5	4/5
	Işık Haslığı		2	2	2	2
K ₂ Cr ₂ O ₇	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	3/4	4
		K	5	5	3/4	4
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	4	4/5	4/5	4
		R	4/5	4/5	4	4
	Işık Haslığı		3	3	3/4	4
KAlSO ₄ .12H ₂ O	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	5	4
		K	3	5	4/5	3
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	4
	Ter Haslığı	L	4/5	4/5	4	5
		R	4	4	4	4
	Işık Haslığı		3	2/3	2/3	2/3

Tablo 3. 36. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları (Nar kabuğu)

Mordan	Haslık		1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	4	4/5
		K	5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	3	3	3	3
	Ter Haslığı	L	4	4	4	4/5
		R	4	4	4/5	4/5
	Işık Haslığı		6	5/6	6	6
FeSO₄.7H₂O	Sürtme Haslığı	Y	4	5	4/5	5
		K	4/5	5	4/5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	4	5	5
	Ter Haslığı	L	4	4	4	4
		R	4	4	4	4
	Işık Haslığı		6	6	5	6
Cu SO₄.5H₂O	Sürtme Haslığı	Y	3	4	3/4	3
		K	4/5	4	4	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	4/5
	Ter Haslığı	L	4	4/5	4/5	4/5
		R	4	4/5	4/5	4/5
	Işık Haslığı		6	6	6	6
K₂Cr₂O₇	Sürtme Haslığı	Y	4/5	4/5	4	4/5
		K	3	5	3/4	3/4
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4	4	4	3/4
	Ter Haslığı	L	4/5	4/5	4	4
		R	4	4	4/5	4/5
	Işık Haslığı		6	5	6	6
KAISO₄.12H₂O	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	5	5
		K	4/5	5	4/5	4
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4/5	3	4/5	3
	Ter Haslığı	L	4	4	4	5
		R	4	4	5	5
	Işık Haslığı		6	6	6	6

Tablo 3. 37. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları (Fındıkkabuğu)

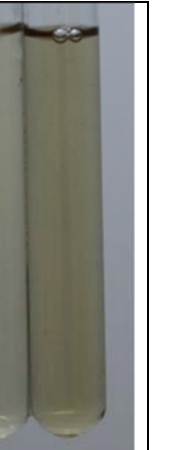
Mordan	Haslık		1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	5	5
		K	4/5	4	4/5	4
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	4/5	5	5	5
		R	4/5	5	5	5
	Işık Haslığı		3	2/3	2/3	2/3
FeSO₄.7H₂O	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	5	4/5	4/5	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4/5	4/5	4/5	4/5
	Ter Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	4/5	5
	Işık Haslığı		2/3	2/3	3	3
Cu SO₄.5H₂O	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	4/5	5	5	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4/5	5	5	4/5
	Ter Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4	4	4	4/5
	Işık Haslığı		3	3	2/3	2/3
K₂Cr₂O₇	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	4/5	¾	¾	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	4	5	5	4
		R	4	5	5	4
	Işık Haslığı		2	2	2	2
KAISO₄.12H₂O	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	4/5	4	5	5
		R	4	4	4	4
	Işık Haslığı		2	2	2/3	2/3

Tablo 3. 38. Doğal Boya-Mordan maddesi-Ozon Gazı kombinasyonu sonucu meydana gelen renklerin haslık test sonuçları (Portakal ağacı yaprağı)

Mordan	Haslık		1.Kumaş	2.Kumaş	3.Kumaş	4.Kumaş
Mordansız	Sürtme Haslığı	Y	4/5	5	5	5
		K	5	5	5	4/5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	4	5	5	4
	Ter Haslığı	L	4	4	5	5
		R	4	4/5	5	5
	Işık Haslığı		2	2	2	2/3
FeSO₄.7H₂O	Sürtme Haslığı	Y	4	5	5	4/5
		K	5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	4
	Ter Haslığı	L	4	4	4	4/5
		R	4	4	4	4
	Işık Haslığı		2	2	2	3
Cu SO₄.5H₂O	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	4/5	4/5	4/5	4/5
		R	4/5	5	4	3/4
	Ter Haslığı	L	4	4	5	4/5
		R	4/5	4/5	4/5	4/5
	Işık Haslığı		5	5	6	6
K₂Cr₂O₇	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	4/5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	5	5	5	5
	Ter Haslığı	L	4/5	4/5	4/5	4/5
		R	5	4/5	4/5	4/5
	Işık Haslığı		4	4	2/3	2/3
KAISO₄.12H₂O	Sürtme Haslığı	Y	5	5	5	5
		K	5	5	5	5
	Yıkama Haslığı	L	5	5	5	5
		R	3	3	3	3
	Ter Haslığı	L	4/5	4	4/5	4/5
		R	4	4/5	4/5	4/5
	Işık Haslığı		2	2	2	3

Atık Ozon Gazının Atık Boya Banyosu Rengine Etkisi

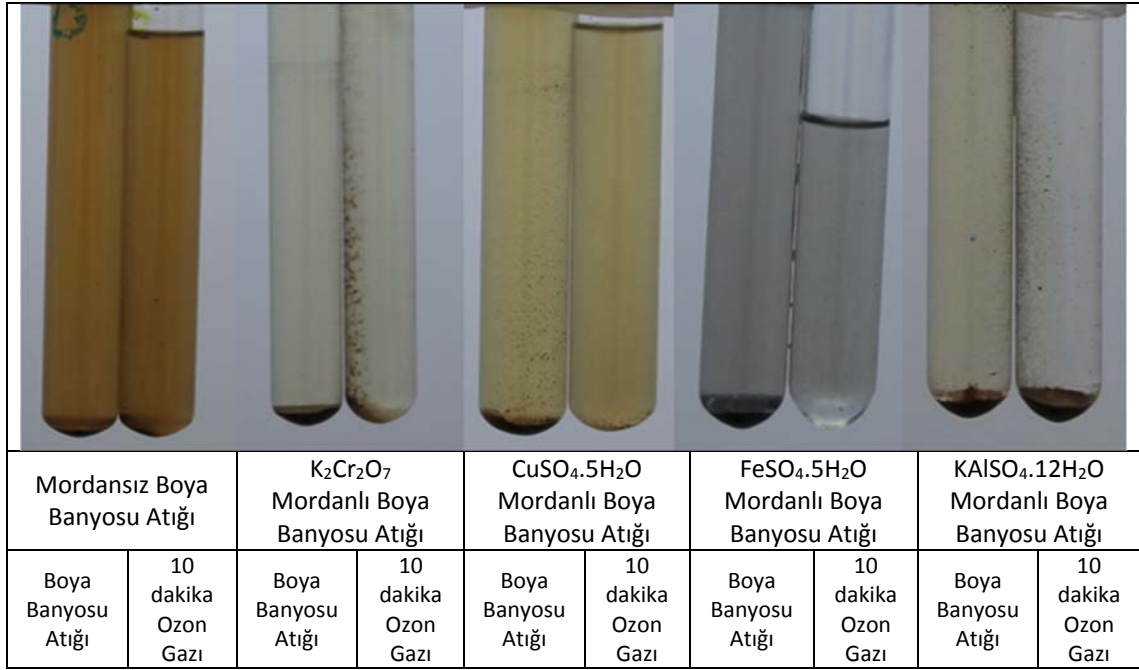
Havacıva bitkisi ile boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri tespit edilmiştir.

									
Mordansız Boya Banyosu Atığı		K ₂ Cr ₂ O ₇ Mordanlı Boya Banyosu Atığı		CuSO ₄ .5H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı		FeSO ₄ .5H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı		KAlSO ₄ .12H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı	
10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı

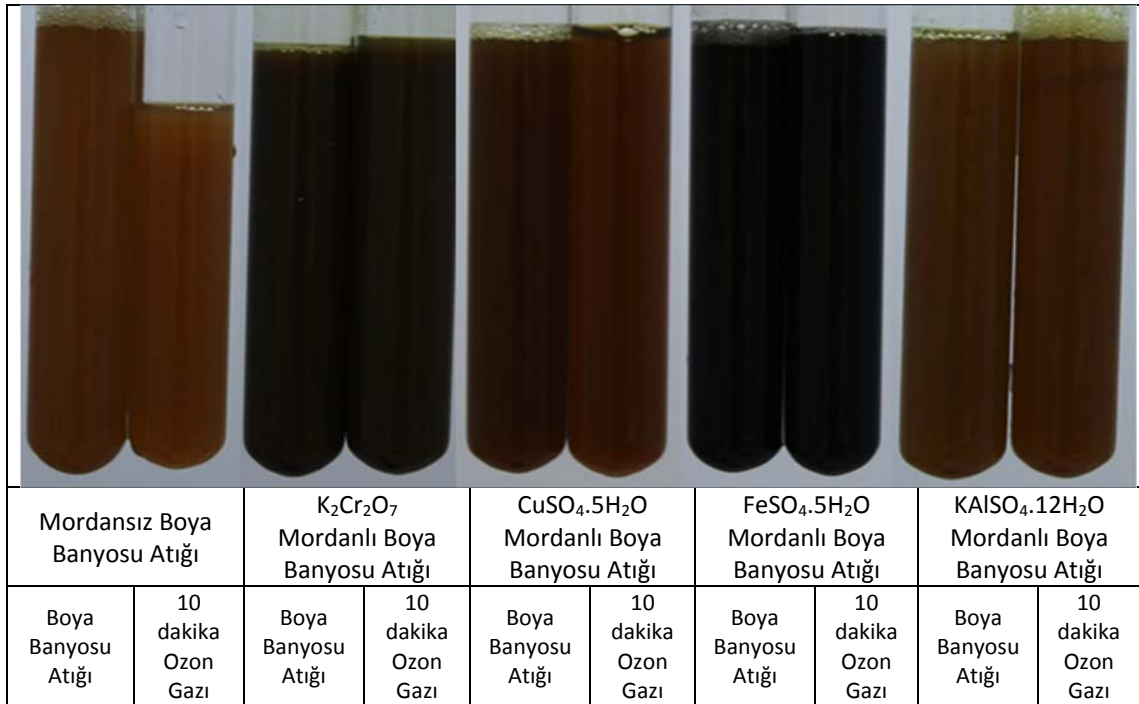
Şekil 3. 1. Havacıva bitkisi ile boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri

									
Mordansız Boya Banyosu Atığı		K ₂ Cr ₂ O ₇ Mordanlı Boya Banyosu Atığı		CuSO ₄ .5H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı		FeSO ₄ .5H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı		KAlSO ₄ .12H ₂ O Mordanlı Boya Banyosu Atığı	
Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı	Boya Banyosu Atığı	10 dakika Ozon Gazı

Şekil 3. 2. Portakal ağacı yaprağı ile boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri.



Şekil 3. 3. Fındikkabığı ile boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri.



Şekil 3. 4. Nar kabuğu ile boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra atık boya banyosuna ozon gazı verilerek atık banyosundaki renk değişimleri.

Antibakteriyel Özellikleri

Boyama işlemlerinde kullanılan dört farklı doğal boyanın yapısından kaynaklanabilecek olan antibakteriyel özelliklerini tayin etmek için seçilmiş numunelere antibakteriyel testi yapılmıştır. Bu amaçla ASTM E-2149-01 (Numuneler hareketli ortamda 12 saat süreyle E-coli bakterisine maruz bırakılmıştır) standardına göre boyalı kumaşların antibakteriyel özellikleri araştırılmıştır.

Tablo 3. 39. Ön terbiyesi yapılmış ve farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmış deney numunelerinin antibakteriyel test sonuçları (Mordansız)

	Başlangıç bakteri sayısı (adet/ml)*	12 saat sonra bakteri sayısı (adet/ml)*
Referans	3,6	9,5
NK	3,7	4,5
FK	3,3	4,8
PAY	5,0	7,1
HC	2,7	11,0

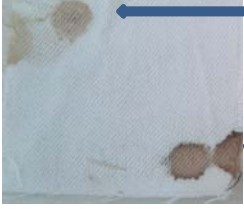
Sonuçlar * x 1.000.000 olarak değerlendirilecektir

Kir İticilik Tayini (Lekeleme Testi (AATCC 130-1990) ve Sonuçları)

Bu çalışmada doğal boyaların yapısından kaynaklanabilecek varsa kir iticilik özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla dört farklı doğal boyarmadde ile boyanmış deney numunelerine lekeleme testine tabi tutulmuştur. Ayrıca karşılaştırma yapabilmek için geleneksel ön terbiye işlemi yapılmış ancak boyanmamış kumaş da test edilmiştir. Seçilen kumaşlar iki farklı leke testine tabi tutulmuştur. Bunlar çay ve kahve lekeleridir. Kumaşların sol üst kısmına Çay lekesi, sağ alt kısmına kahve lekesi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları Tablo 3.21’de verilmiştir. Denemelerde kullanılan kumaş tipleri; 0: Ağartılmış boyamaya hazır kumaş. 1: Nar kabuğu ile boyanması sonundaki kumaş. 2:

Fındıkkabuğu ile boyanması sonundaki kumaş. 3: Portakal ağacı yaprağı ile boyanması sonundaki kumaş. 4: Havacıva bitkisi ile boyanması sonundaki kumaş.

Tablo 3. 40. Ön terbiyesi tamamlanan kumaşın dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmasından sonra kumaşlara yapılan leke test sonuçları.

Kumaş tipi	Leke Tipi	
	Çay Lekesi	Kahve Lekesi
	Lekeleme Sonrası	Yıkama Sonrası
0		Çay: 1 Kahve: 1 
1		Çay: 5 Kahve: 5 
2		Çay: 4 Kahve: 4 
3		Çay: 4 Kahve: 3 
4		Çay: 4 Kahve: 3 

Parlaklık Analizi:

Bu çalışmada da doğal boyaların yapısından kaynaklanabilecek varsa parlaklık özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla dört farklı doğal boyarmadde ile boyanmış deney numunelerine lekeleme testine tabi tutulmuştur. Deney numunelerinin parlaklık ölçümü üç farklı açıda, yani 20°, 60°, 85°'lerde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3. 41. Boyalı kumaş numunelerinin parlaklık değerleri karşılaştırması (GU)

	20°	60°	85°
Ham	0,9	2,4	0,7
G. Ağartma	1,1	2,0	0,7
HC	0,3	1,2	0,7
NK	0,4	1,4	0,7
FK	0,6	1,8	0,7
PAY	0,7	2,0	0,9

Sem Analizleri:

Özellikle yapılan ön terbiye deneme çalışmalarından sonra kumaşlardaki değişimler takip edilmiştir. SEM görüntülerinde karşılaştırma yapmak için işlem görmemiş ham kumaşın görüntüleri temel çıkış noktası olmuştur. Yapılan diğer çalışmalardan elde edilen görüntüler ham kumaşın SEM görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. İlgili şekillerde ön terbiye işlemi görmüş kumaşların bazı SEM görüntüleri sunulmuştur.

3.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri

3.2.1. Ultrasonik Enerjinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi

Bölüm 2.2.2.1.'de verilen deney planı ile gerçekleştirilen denemeler sonunda ilk olarak kumaş üzerindeki ultrason enerjisinin etkileri incelenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için aynı çalışma ortamı hazırlanarak ultrason kullanılmadan da denemeler gerçekleştirilmiştir.

İşlemler sonunda kumaşlarda meydana gelen ağırlık kayıpları bölüm 2'de verilen 1 nolu formül kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca denemeler sonunda elde edilen kumaş numunelerinin beyazlık derecesi, hidrofilite, haşıl sökme, % ağırlık değişimi ve mukavemet değişimleri tespit edilerek ilgili tablolarda verilmiştir.

Bütün denemelerde kumaşın hidrofilite sonuçları sıfır (0) olarak elde edilmiştir. Ham kumaştan çekilen ipliğin ortalama kopma kuvveti (breaking force) 4,80 N dur. % değişim ultrason var/yok durumuna göre kumaşın ilk ağırlığı ile son ağırlığı arasındaki oranın yüzdesini ifade etmektedir. Ağırlık kayıpları standart şartlarda tespit edilmiştir. Beyazlık değeri Stensby formülüne göre hesaplanarak tüm çalışmalar sonunda tüm deneme numuneleri için ölçülmüştür. Haşıl sökme miktarlarının tespit edilmesinde ise Tegewa skalasına kullanılmıştır.

Tablo 3. 42. Yalnızca su kullanılarak pH=2’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu

		5'			15'			30'			60'		
		35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	Ham	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
	Us var	54,85	54,92	57,10	55,30	57,15	57,19	54,86	57,03	58,08	57,81	58,09	59,76
	% değişim	5,48	5,62	9,81	6,35	9,90	9,98	5,50	9,67	11,69	11,17	11,71	14,92
	Us yok	54,02	54,75	57,02	54,76	55,94	57,04	54,86	56,56	58,02	56,13	56,49	58,93
	% değişim	3,88	5,29	9,65	5,31	7,58	9,69	5,50	8,77	11,58	7,94	8,63	13,33
	Fark*	1,60	0,33	0,15	1,04	2,33	0,29	0,00	0,90	0,12	3,23	3,08	1,60
% Ağırlık Değişimi	Us var	2,62	2,79	3,83	3,89	4,14	4,34	4,60	4,96	5,30	5,79	5,95	6,65
	Us yok	1,69	1,82	3,17	2,73	2,83	3,51	3,13	3,65	3,87	3,72	4,49	4,55
	Fark**	0,93	0,97	0,66	1,16	1,31	0,83	1,47	1,32	1,43	2,07	1,46	2,10
Haşıl Sökülme (Tegewa)	Us var	3	3	4	3	4	4	4	5	6	5	6	6
	Us yok	2	3	3	3	3	3	2	3	4	3	4	4
	Fark***	1	0	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2
Kopma kuvveti (N)	Us var	4,63	4,61	4,51	4,44	4,23	4,16	4,25	4,01	3,94	3,79	3,77	3,66
	Us yok	4,62	4,30	3,69	4,50	4,00	3,62	4,20	3,89	3,88	3,68	3,59	3,45

*US var US yok durumları arasındaki Beyazlık % değişim farkını ifade etmektedir.

** US var US yok durumları arasındaki % ağırlık değişimi farkını ifade etmektedir.

*** US var US yok durumları arasındaki Haşıl sökülme farkını ifade etmektedir.

Tablo 3. 43. Yalnızca su kullanılarak pH=4,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme derecesi, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu

		5'			15'			30'			60'		
		35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	Ham	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
	Us var	56,41	56,55	56,19	56,19	56,60	56,34	54,62	56,87	58,16	56,19	56,39	59,46
	% değişim	8,48	8,75	8,06	8,06	8,85	8,35	5,04	9,37	11,85	8,06	8,44	14,35
	Us yok	55,68	55,91	56,90	55,84	56,47	56,27	53,47	55,41	56,72	55,76	56,03	58,99
	% değişim	7,08	7,52	9,42	7,38	8,60	8,21	2,83	6,56	9,08	7,23	7,75	13,44
	Fark*	1,40	1,23	-1,37	0,67	0,25	0,13	2,21	2,81	2,77	0,83	0,69	0,90
% Ağırlık Değişimi	Us var	2,07	2,24	3,66	1,95	4,01	4,10	4,21	4,23	5,08	4,22	4,83	5,99
	Us yok	1,51	1,49	2,68	1,81	2,74	3,16	2,10	2,21	3,33	2,95	3,78	4,62
	Fark**	0,56	0,75	0,98	0,14	1,27	0,94	2,12	2,02	1,75	1,26	1,06	1,37
Haşıl Sökülme (Tegewa)	Us var	3	3	3	3	3	4	3	4	6	3	4	6
	Us yok	2	2	2	2	2	3	2	3	5	3	3	4
	Fark***	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Kopma kuvveti (N)	Us var	4,67	4,66	4,53	4,47	4,29	4,32	4,22	4,05	3,85	3,88	3,85	3,80
	Us yok	4,64	4,54	3,79	4,63	4,03	3,83	4,14	3,98	3,81	3,79	3,70	3,69

Tablo 3. 44. Yalnızca su kullanılarak pH=7’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilité karşılaştırma tablosu

		5'			15'			30'			60'		
		35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	Ham	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
	Us var	55,83	55,26	56,68	55,25	55,78	56,88	54,46	55,47	59,15	56,98	58,06	60,02
	% değişim	7,37	6,27	9,00	6,25	7,27	9,38	4,73	6,67	13,75	9,58	11,65	15,42
	Us yok	55,08	55,74	56,52	55,74	55,77	56,65	53,42	54,45	58,08	56,01	57,02	58,96
	% değişim	5,92	7,19	8,69	7,19	7,25	8,94	2,73	4,71	11,69	7,71	9,65	13,38
	Fark	1,44	-0,92	0,31	-0,94	0,02	0,44	2,00	1,96	2,06	1,87	2,00	2,04
% Ağırlık Değişimi	Us var	3,07	3,19	3,42	3,22	3,43	3,67	4,00	4,87	5,80	5,29	5,95	5,92
	Us yok	2,13	2,48	3,15	2,12	2,40	2,94	2,43	3,35	4,26	3,83	4,34	4,56
	Fark	0,94	0,71	0,27	1,10	1,03	0,73	1,56	1,52	1,54	1,46	1,61	1,37
Haşıl Sökülme (Tegewa)	Us var	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3-4
	Us yok	1	2	2	2	3	3	1	2	3	2	3	3
	Fark	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0-1
Kopma kuvveti (N)	Us var	4,72	4,40	4,41	4,52	4,38	4,36	4,36	4,25	4,18	4,10	4,12	4,00
	Us yok	4,70	4,57	4,34	4,64	4,33	4,03	4,10	4,02	3,98	4,05	3,90	3,96

Tablo 3. 45. Yalnızca su kullanılarak pH=9,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu

		5'			15'			30'			60'		
		35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	Ham	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
	Us var	54,49	54,85	54,96	54,28	54,41	55,31	55,42	56,34	57,91	56,58	57,78	59,69
	% değişim	4,79	5,48	5,69	4,38	4,63	6,37	6,58	8,35	11,37	8,81	11,12	14,79
	Us yok	54,20	54,22	54,79	54,06	54,39	55,03	55,28	56,05	57,18	56,05	57,32	58,84
	% değişim	4,23	4,27	5,37	3,96	4,60	5,83	6,31	7,79	9,96	7,79	10,23	13,15
	Fark	0,56	1,21	0,33	0,42	0,04	0,54	0,27	0,56	1,40	1,02	0,88	1,63
% Ağırlık Değişimi	Us var	3,16	3,17	3,81	3,38	3,37	3,85	3,88	4,25	4,98	4,34	4,82	5,01
	Us yok	2,50	3,14	3,47	3,14	3,31	3,48	3,12	4,18	4,96	3,36	4,71	4,40
	Fark	0,66	0,03	0,34	0,24	0,06	0,37	0,75	0,07	0,02	0,98	0,10	0,62
Haşıl Sökülme (Tegewa)	Us var	2	3	4	2	3	3	2	4	5	4	5	5
	Us yok	2	2	3	2	3	3	2	3	4	3	4	4
	Fark	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Kopma kuvveti (N)	Us var	4,66	4,35	4,30	4,41	4,38	4,37	4,40	4,34	4,28	4,32	4,12	4,01
	Us yok	4,65	4,43	4,20	4,56	4,30	4,03	4,31	4,26	4,18	4,24	4,03	3,96

Tablo 3. 46. Yalnızca su kullanılarak pH=12’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason enerjisi kullanılarak ve kullanılmadan farklı sıcaklık ve sürelerdeki işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık değişimi, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilité karşılaştırma tablosu

		5'			15'			30'			60'		
		35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	Ham	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00	52,00
	Us var	52,31	52,47	53,18	52,61	52,87	53,83	55,02	55,17	58,28	56,96	58,54	59,89
	% değişim	0,60	0,90	2,27	1,17	1,67	3,52	5,81	6,10	12,08	9,54	12,58	15,17
	Us yok	52,21	52,55	53,72	52,52	52,68	53,73	53,65	54,33	54,96	53,36	55,76	59,69
	% değişim	0,40	1,06	3,31	1,00	1,31	3,33	3,17	4,48	5,69	2,62	7,23	14,79
	Fark	0,19	-0,15	-1,04	0,17	0,37	0,19	2,63	1,62	6,38	6,92	5,35	0,38
% Ağırlık Değişimi	Us var	2,25	2,83	2,96	2,38	3,53	3,71	3,25	4,78	4,99	4,17	4,75	5,98
	Us yok	1,24	2,59	2,83	2,20	3,37	3,66	3,09	4,70	4,78	3,58	4,23	4,37
	Fark	1,01	0,24	0,13	0,18	0,16	0,05	0,16	0,08	0,21	0,58	0,52	1,61
Haşıl Sökülme (Tegewa)	Us var	2	3	3	3	3	4	4	5	6	5	5	6
	Us yok	2	2	3	3	3	4	3	4	5	4	4	5
	Fark	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
Kopma kuvveti (N)	Us var	4,66	4,35	4,30	4,41	4,38	4,37	4,35	4,26	4,14	4,12	4,06	4,02
	Us yok	4,61	4,41	4,21	4,43	4,23	3,76	4,25	4,17	4,06	4,00	3,97	3,95

3.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi

Enzimatik Haşıl Sökmenin İncelenmesi

3.2.2.1. Enzimatik Ön Terbiye Metotları

Çalışmanın bu kısmında ticari olarak piyasada bulunan α -amilaz ve glikoamilaz enzimi kullanılmıştır. α -Amilaz/glikoamilaz enzimleri ile ayrı ayrı hazırlanan banyoda pamuklu dokuma kumaşların farklı sürelerdeki deneme çalışmaları Bölüm 2.2.2.2’de açıklanan proses parametreleri ile gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Tablo 3.28’de sunulmuştur.

Tablo 3. 47. Geleneksel enzimatik ön terbiye işlemleri sonunda meydana haşıl sökme, beyazlık, mukavemet, % ağırlık değişimi ve hidrofilite karşılaştırma tablosu

	Çalışma Süresi (dakika)	Kopma Kuvveti (N)	% ağırlık Değişimi	Haşıl Sökme (Tegewa)	Beyazlık (Stensby)	Hidrofilite (mm/90 sn)
Ham	-	4,80	-	1	52,00	0
α -Amilaz	15	4,78	4,39	5	58,35	0
	30	4,71	4,49	6	59,08	0
	60	4,62	4,80	8	59,94	0
Glikoamilaz	15	4,78	4,61	2	57,21	0
	30	4,60	4,69	3	57,13	0
	60	4,50	5,38	4	58,02	0

3.2.2.2. Enzimatik Haşıl Sökme-Ultrason Kombinasyonu

Çalışmanın bu kısmında α -amilaz ve glikoamilaz enzimleri ultrason enerjisi varlığında etkileri incelenerek sonuçlar optimize edilmiştir.

3.2.2.2.1. α -Amilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Ultrasonik enerji varlığında ve α -amilaz enziminin kumaş üzerindeki etkileri bölüm 2 deki deney planında belirtildiği üzere 3 farklı parametre üzerinden yapılmıştır. Sonuçlar 4. Bölümde verilmiştir.

3.2.2.2.2. Glikoamilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Ultrasonik enerji varlığında ve glikoamilaz enziminin kumaş üzerindeki etkileri Bölüm 2 deki deney planında belirtildiği üzere 3 farklı parametre üzerinden yapılmıştır.

Tablo 3. 48. pH=2’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,21	52,33	53,68	52,31	53,66	54,89	56,66	58,57	60,45	60,55	60,66	61,48
% Ağırlık Değişimi	3,12	3,25	4,01	3,18	3,56	4,22	4,34	4,68	5,08	4,89	5,15	5,35
Haşıl Sökülme (Tegewa)	1	1	2	1	2	3	2	3	3	2	3	4
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	3
Kopma kuvveti (N)	4,61	4,55	4,50	4,48	4,31	4,25	4,22	4,21	4,19	4,15	4,11	4,08

Tablo 3. 49. pH=4,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,28	52,34	53,38	52,39	53,56	54,90	57,44	59,66	60,22	60,12	60,98	61,83
% Ağırlık Değişimi	1,98	2,05	2,41	2,10	3,26	4,02	4,10	4,26	4,44	4,36	4,78	5,01
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	5	2	3	5	3	4	6	2	4	6
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	3
Kopma kuvveti (N)	4,65	4,61	4,52	4,66	4,30	4,30	4,28	4,25	4,25	4,19	4,18	4,12

Tablo 3. 50. pH=7’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,08	52,12	53,68	52,11	52,33	54,08	56,31	58,59	59,64	59,66	60,13	61,40
% Ağırlık Değişimi	1,28	2,25	2,41	1,32	3,77	3,92	3,85	3,94	4,65	3,96	4,11	5,02
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	4	3	4	5	3	5	7	5	7	8
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	1	1	1	4	1	3	5
Kopma kuvveti (N)	4,69	4,58	4,48	4,39	4,38	4,35	4,30	4,28	4,27	4,26	4,21	4,18

Tablo 3. 51. pH=9,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,18	52,42	53,05	52,15	53,53	54,26	55,97	56,31	59,16	57,50	60,06	61,73
% Ağırlık Değişimi	1,91	2,05	3,41	2,12	3,26	3,92	3,85	4,08	4,12	4,48	4,65	4,90
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	4	2	3	5	5	6	6	6	7	7
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	3
Kopma kuvveti (N)	4,70	4,50	4,46	4,32	4,40	4,36	4,32	4,29	4,22	4,25	4,20	4,16

Tablo 3. 52. pH=12’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,17	52,31	53,85	53,21	55,53	56,26	56,44	57,84	59,06	59,27	60,33	62,56
% Ağırlık Değişimi	1,11	2,05	3,81	2,19	3,36	3,89	3,67	4,46	4,22	4,61	4,71	4,82
Haşıl Sökülme (Tegewa)	3	3	4	3	3	5	6	7	7	6	7	7
Hidrofilite (mm/90sn)	1	1	1	1	2	3	2	3	4	4	7	10
Kopma kuvveti (N)	4,72	4,42	4,25	4,30	4,38	4,32	4,31	4,30	4,18	4,20	4,16	4,11

Tablo 3. 53. pH=2’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/*glikoamilaz* enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5'			15'			30'			60'		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,30	52,43	53,82	52,77	53,86	57,97	61,96	63,87	64,25	62,35	64,23	65,21
% Ağırlık Değişimi	2,33	2,96	3,74	2,44	3,92	4,81	4,93	5,09	5,70	5,02	5,31	5,92
Haşıl Sökülme (Tegewa)	1	4	5	3	5	6	5	6	7	6	7	7
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	3	1	3	7	3	5	11
Kopma kuvveti (N)	4,60	4,56	4,51	4,49	4,30	4,29	4,25	4,22	4,20	4,15	4,10	4,01

Tablo 3. 54. pH=4,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/*glikoamilaz* enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5’			15’			30’			60’		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,32	52,53	53,02	52,74	53,41	56,97	59,87	61,54	63,33	60,65	64,12	65,32
% Ağırlık Değişimi	2,43	2,36	2,74	2,40	3,52	3,81	3,94	4,36	4,75	4,40	4,55	5,19
Haşıl Sökülme (Tegewa)	1	3	5	4	4	6	6	6	7	6	6	8
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	0	0	0	1	1	2	5	2	3	8
Kopma kuvveti (N)	4,63	4,60	4,54	4,60	4,30	4,31	4,27	4,26	4,22	4,18	4,16	4,12

Tablo 3. 55. pH=7’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/*glikoamilaz* enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5’			15’			30’			60’		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	53,33	54,03	55,23	53,74	55,40	56,37	57,33	60,03	61,20	59,94	60,47	65,37
% Ağırlık Değişimi	2,63	3,01	3,44	3,54	3,94	4,25	3,72	4,01	4,44	3,94	4,24	5,17
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	6	2	4	6	7	7	8	7	7	8
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	1	0	0	2	0	1	3	4	7	10
Kopma kuvveti (N)	4,67	4,57	4,49	4,31	4,32	4,32	4,26	4,21	4,20	4,20	4,18	4,15

Tablo 3. 56. pH=9,5’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/*glikoamilaz* enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % ağırlık değişimi karşılaştırma tablosu

	5’			15’			30’			60’		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	53,11	53,48	54,82	53,24	54,42	55,85	57,71	58,03	58,82	57,24	59,42	61,25
% Ağırlık Değişimi	2,18	2,40	2,53	2,81	2,92	3,04	3,38	3,40	3,53	3,83	3,90	4,74
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	4	3	4	6	4	6	7	5	7	7
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	1	0	1	2	3	6	9	4	7	10
Kopma kuvveti (N)	4,71	4,52	4,47	4,30	4,41	4,31	4,22	4,19	4,18	4,21	4,17	4,13

Tablo 3. 57. pH=12’de hazırlanan banyoda pamuklu kumaşların ultrason/*glikoamilaz* enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve % kayıp oranları karşılaştırma tablosu

	5’			15’			30’			60’		
	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C	35°C	55°C	75°C
Beyazlık (Stensby)	52,81	53,08	54,82	53,12	54,12	55,25	56,01	58,25	58,03	56,40	58,07	60,87
% Ağırlık Değişimi	2,14	2,21	2,37	2,45	2,88	3,61	3,14	3,23	3,75	3,65	3,80	4,41
Haşıl Sökülme (Tegewa)	2	3	4	4	6	7	5	5	7	5	6	7
Hidrofilite (mm/90sn)	0	0	1	0	1	3	4	7	10	5	8	12
Kopma kuvveti (N)	4,70	4,44	4,22	4,24	4,34	4,30	4,20	4,18	4,15	4,16	4,12	4,03

Nişasta haşıl esaslı pamuklu kumaşın tek adımda haılının sklmesi, hidrofilletirilmesi ve aartılması işlemlerinin birlikte gerçekleştirilebilmesi için yapılan denemeler de α -amilaz/glikoamilaz, pektinaz ve glikozoksidaz enzimleri ve kombinasyonları kullanılmıştır.

Aynı zamanda bu işlemi tek bir banyo içerisinde gerçekleştirerek, ekonomik ve evre dostu bir yöntemin oluşturulması planlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda verilmiştir.

3.2.2.2.3. Pektinaz Enzim Denemeleri

Pektinaz enziminin etkisini tespit edebilmek için nişasta esaslı haşıl maddesi uzaklaştırılan kumaşlara ekil 2.4'deki hidrofilletirme prosesi ile ultrason varlığında denemeler gerçekleştirilmiştir. sonuçlar Tablo 3.39'da sunulmuştur.

Tablo 3. 58. Haılı sklm kumaşların %1 *pektinaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları

pH	Enzim alıma Süresi (dakika)	Haşıl sklme (Tegewa)	Hidrofilitte (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-1 30-2 60-3 90-5	56,91	83,62	1,53	10,4
	30	8	15-0 30-1 60-3 90-4	58,58	83,39	1,34	9,55
	60	8	15-0 30-1 60-4 90-6	55,85	83,44	1,58	10,78
7	15	8	15-0 30-0 60-3 90-5	58,7	83,85	1,44	9,6
	30	8-9	15-1 30-3 60-11 90-17	58,65	84,05	1,32	9,63
	60	8-9	15-5 30-9 60-20 90-30	56,98	83,35	1,52	10,2
8,5	15	8	15-0 30-0 60-4 90-11	58,65	83,94	1,39	9,62
	30	8	15-0 30-1 60-5 90-12	57,12	83,56	1,47	10,21
	60	8	15-0 30-1 60-10 90-20	57,44	83,46	1,54	10,09

Tablo 3.40'daki veriler ise *pektinaz* enzim konsantrasyonu %3 çıkartılarak yapılan deneme sonuçlarıdır. Diğer çalışma parametrelerinde bir değişme olmamıştır.

Tablo 3. 59. Haşılı sökülmiş kumaşların %3 *pektinaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-0 30-3 60-5 90-8	56,6	83,55	1,56	10,47
	30	8	15-0 30-2 60-6 90-9	58,55	83,92	1,38	9,63
	60	8	15-7 30-8 60-10 90-11	55,46	83,5	1,58	10,95
7	15	8-9	15-1 30-9 60-18 90-29	58,55	83,9	1,45	9,72
	30	8-9	15-2 30-6 60-15 90-20	58,57	84,01	1,32	9,6
	60	8-9	15-4 30-11 60-19 90-31	57,08	83,4	1,53	10,18
8,5	15	8	15-0 30-0 60-4 90-10	58,67	83,88	1,38	9,55
	30	8	15-0 30-2 60-11 90-20	56,75	83,58	1,46	10,31
	60	8	15-0 30-4 60-18 90-23	57,33	83,49	1,52	10,17

Bu çalışmada ise *pektinaz* enziminin konsantrasyonu %5'e yükseltilerek çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler Tablo 3.41'de verilmiştir.

Tablo 3. 60. Haşılı sökülmiş kumaşların %5 *pektinaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde ultrasonik banyoda çalışma sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	7	15-0 30-0 60-0 90-1	56,25	83,50	7,57	10,61
	30	8	15-0 30-0 60-1 90-2	58,25	84,0	1,4	9,94
	60	8	15-0 30-2 60-6 90-10	55,15	83,57	1,6	11,13
7	15	7	15-0 30-1 60-7 90-15	58,74	83,51	1,52	9,41
	30	8	15-1 30-4 60-10 90-18	58,57	83,95	1,33	9,6
	60	8	15-1 30-10 60-19 90-32	57,19	83,36	1,54	10,13
8,5	15	7	15-0 30-3 60-8 90-14	58,7	83,86	1,36	9,55
	30	8	15-0 30-6 60-13 90-22	56,13	83,62	1,51	10,55
	60	8	15-0 30-1 60-12 90-27	57,34	83,45	1,52	10,12

3.2.2.2.4. *Pektinaz* - *Glikoamilaz* Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Çalışmanın bu kısmında da *pektinaz* enzimi ile *glikoamilaz* enziminin kombinasyonu araştırılmıştır. Yani aynı banyo içinde hem haşıl sökme işleminin gerçekleştirilmesi, hem de kumaşa hidrofilite kazandırılmaya çalışılmıştır. İlk olarak her iki enzim içinde konsantrasyon %1 olacak şekilde hazırlanan banyolarda çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler Tablo 3.42’de verilmiştir.

Tablo 3. 61. %1 *pektinaz* ve %1 *glikoamilaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-0 30-1 60-2 90-2	53,7	83,9	1,86	12,18
	30	8-9	15-0 30-1 60-2 90-2	53,32	83,96	1,97	12,5
	60	8-9	15-0 30-0 60-1 90-8	53,15	84,04	1,94	12,59
7	15	8	15-1 30-2 60-3 90-5	53,21	84,12	1,92	12,56
	30	8-9	15-0 30-1 60-1 90-5	53,65	84,18	1,9	12,37
	60	8-9	15-0 30-0 60-1 90-10	53,70	84,21	1,89	12,31
8,5	15	8	15-0 30-0 60-1 90-3	53,79	84,22	1,88	12,31
	30	8	15-0 30-0 60-1 90-4	53,68	84,25	1,87	12,35
	60	8	15-0 30-2 60-4 90-13	54,99	84,67	1,76	11,86

Bu çalışmada ise *glikoamilaz* enzimi sabit kalarak, kumaşın hidrofilitesini artırabilmek için *pektinaz* enziminin konsantrasyonu %3 çıkartılarak denemeler yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler Tablo 3.43’de verilmiştir.

Tablo 3. 62. %3 *pektinaz*, %1 *glikoamilaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-0 30-2 60-3 90-3	53,55	84,26	1,85	12,39
	30	8	15-3 30-5 60-5 90-6	52,89	84,19	1,87	12,66
	60	8	15-3 30-5 60-6 90-7	52,75	84,17	1,88	12,72
7	15	8	15-0 30-0 60-0 90-1	53,79	84,27	1,84	12,28
	30	8	15-0 30-1 60-4 90-7	53,59	84,22	1,87	12,38
	60	8	15-0 30-3 60-4 90-16	53,99	84,33	1,84	12,22
8,5	15	8	15-0 30-1 60-3 90-4	52,32	83,96	1,93	12,87
	30	8	15-0 30-0 60-1 90-1	52,45	83,82	1,95	12,79
	60	8-9	15-0 30-1 60-6 90-14	53,38	84,08	1,9	12,44

Bu çalışmada ise *glikoamilaz* enzimi yine sabit kalarak, *pektinaz* enziminin konsantrasyonu %5 çıkartılarak yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler Tablo 3.44’de verilmiştir.

Tablo 3. 63. %5 pektinaz ve %1 glikoamilaz enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-0 30-1 60-3 90-4	52,42	83,89	2,02	12,9
	30	8	15-0 30-0 60-1 90-1	52,56	83,84	2,08	13,08
	60	8	15-0 30-1 60-1 90-8	52,25	83,68	2,02	12,88
7	15	8	15-0 30-0 60-0 90-11	53,36	83,97	1,92	12,44
	30	8	15-0 30-0 60-4 90-12	54,01	82,16	1,91	12,99
	60	8	15-0 30-1 60-8 90-13	53,88	83,88	1,88	13,0
8,5	15	8	15-0 30-0 60-6 90-11	51,41	83,77	1,88	13,11
	30	8	15-0 30-1 60-3 90-13	52,19	83,66	1,83	12,58
	60	8-9	15-0 30-3 60-7 90-16	52,47	83,93	1,88	12,73

3.2.2.2.5. Pektinaz - Glikoamilaz - Glikozoksidaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Çalışmanın bu kısmında tek bir banyo içerisinde pamuğun boya öncesi ön terbiye işleminin tamamının birlikte yapılabilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla üçlü enzim; pektinaz, glikoamilaz ve glikozoksidaz enzim kombinasyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak %1 pektinaz, %1 glikoamilaz ve %1 glikozoksidaz enzim kombinasyonu çalışılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Tablo 3.45’de sunulmuştur.

Tablo 3. 64. %1 *glikoamilaz*, %1 *pektinaz* ve %1 *glikozoksidaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	8	15-0 30-0 60-0 90-4	55,87	84,12	1,51	10,96
	30	9	15-0 30-0 60-0 90-5	56,03	84,11	1,49	10,83
	60	9	15-0 30-0 60-0 90-10	56,28	84,31	1,41	10,76
7	15	9	15-0 30-0 60-1 90-6	56,53	84,12	1,48	10,87
	30	9	15-0 30-0 60-0 90-10	56,50	84,52	1,46	10,81
	60	9	15-0 30-1 60-2 90-9	56,43	84,71	1,49	10,13
8,5	15	9	15-0 30-0 60-2 90-10	56,13	85,01	1,55	10,21
	30	9	15-0 30-0 60-2 90-10	56,56	84,80	1,51	10,54
	60	9	15-0 30-0 60-3 90-12	56,86	84,19	1,53	10,11

Bu çalışmada ise kumaşın hidrofilite değerini daha da artırabilmek için *pektinaz* enzim konsantrasyonu %3 yükseltilmiş, diğer enzimler aynı kalarak çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 65. %1 *glikoamilaz*, %3 *pektinaz* ve %1 *glikozoksidaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	9	15-0 30-0 60-0 90-3	56,51	84,41	1,45	10,76
	30	9	15-0 30-0 60-1 90-7	56,50	84,13	1,44	10,71
	60	9	15-0 30-0 60-5 90-10	56,42	84,4	1,49	10,84
7	15	9	15-2 30-5 60-8 90-13	56,53	84,1	1,51	10,11
	30	9	15-2 30-6 60-7 90-12	56,66	84,25	1,55	10,25
	60	9	15-0 30-0 60-5 90-13	56,74	84,16	1,58	10,56
8,5	15	9	15-0 30-0 60-6 90-12	56,13	84,55	1,49	10,25
	30	9	15-0 30-1 60-5 90-13	56,01	84,78	1,51	10,34
	60	9	15-0 30-1 60-7 90-14	56,76	84,77	1,55	10,29

Bu çalışmada da yine kumaşın hidrofilite değerini daha da artırabilmek için *pektinaz* enzim konsantrasyonu %5 yükseltilmiş, diğer enzimler aynı kalarak çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 66. %1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %1 *glikozoksidaz* enzimi ile farklı pH ve sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

pH	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	8	15-0 30-0 60-0 90-0	54,56	83,47	1,92	12,93
5,5	15	9	15-0 30-0 60-1 90-5	56,42	84,39	1,52	10,87
	30	9	15-0 30-0 60-1 90-9	56,39	84,44	1,48	10,88
	60	9	15-0 30-0 60-3 90-10	56,35	84,38	1,54	10,92
7	15	9	15-0 30-0 60-5 90-11	56,53	84,31	1,52	10,90
	30	9	15-0 30-1 60-3 90-14	56,75	85,01	1,49	10,81
	60	9	15-0 30-1 60-6 90-15	56,88	82,99	1,50	10,88
8,5	15	9	15-0 30-1 60-10 90-18	56,80	83,34	1,53	10,51
	30	9	15-0 30-2 60-11 90-20	56,81	84,01	1,41	10,5
	60	9	15-0 30-2 60-10 90-19	56,91	84,11	1,49	10,77

Üç farklı enzim ile yapılan kombinasyon sonunda çalışma banyosunun pH değerinin 7 civarında olması durumunda en iyi sonuçların alınabileceği görülmüştür. Ancak kumaşın beyazlık değerinin artırılabilmesi için yeni çalışmalar planlanmış ve uygulanmıştır. Bunun için sonraki çalışmada çalışma banyosunun pH değeri 7’de sabit tutulmak suretiyle 120 dakikaya kadar ultrason enerjisinin varlığı ile yokluğun da farklı çalışmalar da incelenmiştir. *Glikoamilaz* ve *pektinaz* enzim miktarları sabit tutularak *glikozoksidaz* enzim konsantrasyonu %5’e yükseltilmiştir. Banyoda oluşan hidrojen peroksit miktarları da işlem sonunda üretilen aktif oksijen miktarı olarak tespit edilmiştir. Denemeler sonunda elde edilen veriler ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 67. %1 glikoamilaz, %5 pektinaz ve %5 glikozoksidaz enzimi ile pH=7’de ve farklı sürelerde yapılan deneme sonuçları

	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Kopma kuvveti (N)	Haşıl sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	H ₂ O ₂ (mg)	Aktif Oksijen (mg)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham	-	4,9	1	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	4,3	8	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	54,56	83,47	1,92	12,93
Ultrason yok	15	4,11	7	15-0 30-8 60-15 90-22	5,1024	2,4	58,89	84,48	1,19	9,52
	30	3,55	8	15-3 30-10 60-13 90-24	3,4016	1,6	58,8	84,41	1,18	9,52
	60	3,12	8	15-2 30-12 60-20 90-27	3,4016	1,6	58,8	84,39	1,19	9,52
	120	3,01	8-9	15-3 30-12 60-15 90-28	0,855	0,4	58,91	84,28	1,22	9,52
Ultrason var	15	4,12	8	15-16 30-31 60-42 90-53	1,7008	0,8	59,98	84,01	1,89	12,11
	30	3,61	8-9	15-17 30-35 60-46 90-54	1,7008	0,8	60,12	84,15	1,88	12,01
	60	3,35	8-9	15-26 30-35 60-46 90-54	1,7008	0,8	60,68	83,91	1,85	11,16
	120	3,25	9	15-32 30-44 60-55 90-62	1,7008	0,8	61,01	83,99	1,58	9,43

Banyo pH Değişiminin Araştırılması:

Tablo 3.49’de sonuçları verilen ve üç farklı enzim kombinasyonunun tek bir banyoda birlikte çalışması esnasında başlangıçtaki pH değerinin proses sonuna kadar nasıl bir değişim gösterdiğini tespit etmek için planlanmış ve yapılmıştır. Bu işlemde Şekil 2.6’daki çalışma grafiği kullanılmıştır. Çalışmaya 50°C’de banyo pH’ı 7’ye ayarlanarak başlanmıştır. Bu sıcaklıkta; 30, 60, 90 ve 120 dakika çalışma süresi sonunda çalışma banyosunun pH’ı ayrı ayrı ölçülmüştür. Daha sonra banyo sıcaklığı 80°C’ye yükseltilmiş ve pH değeri 6.92 olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklıkta 10 dakikada sonra yapılan yeni bir

pH ölçümünden sonra pH değeri 6-7 puanlarda tespit edildikten sonra, banyo pH'ı 10.70'e ayarlanarak bundan sonraki 40 dakika boyunca da her 10 dakikada bir pH ölçümü yapılmıştır. İkinci kısımda özellikle bazik ortamda üretilen hidrojen peroksitin aktivitesinin artırılmasıyla kumaşın beyazlık derecesinin yükseltilmesi olanakları incelenmiştir. Denemelerden elde edilen veriler ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 68. %1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %5 *glikozoksidaz* enzimleri tek banyo çalışma süresince ultrasonik banyodaki pH değişimi

		Enzim Çalışma Süresi (dakika)	pH	Haşıl sökölme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	H ₂ O ₂ (mg)	Aktif Oksijen (mg)	Beyazlık (Stensby)	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
Ham		-	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme		-	17	8	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	54,56	83,47	1,92	12,93
50°C	1	30	7,0	7-8	15-8 30-10 60-16 90-24	8,504	4	57,51	85,13	1,05	10,99
	2	60	6,94	8	15-10 30-19 60-32 90-40	10,205	4,8	57,50	85,07	1,13	10,27
	3	90	6,89	8	15-11 30-22 60-40 90-49	11,055	5,2	57,52	85,10	1,2	10,22
	4	120	6,76	8-9	15-25 30-35 60-45 90-53	11,906	5,6	57,73	85,17	1,11	10,19
80°C	5	0	6,92	8-9	15-32 30-40 60-50 90-60	11,906	5,6	57,83	85,16	1,12	10,16
	6	10	6,86	8-9	15-35 30-44 60-54 90-62	13,606	6,4	58,02	85,21	1,12	10,09
	7	10	10,71	9	15-30 30-37 60-48 90-55	13,606	6,4	58,04	85,26	1,1	10,1
	8	10	10,61	9	15-30 30-39 60-50 90-59	17,008	8	58,13	85,3	1,09	10,07
	9	10	10,48	9	15-28 30-38 60-50 90-57	17,008	8	58,25	85,31	1,09	10,02
	10	10	10,24	9	15-30 30-37 60-49 90-56	17,008	8	58,32	85,32	1,09	10,01

Bir önceki çalışmada üçlü enzim kombinasyonu ile yaklaşık pH 7 değerlerinde işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise çalışmanın ilk kısmı olan 50°C’deki *glikoamilaz* ve *pektinaz* enzimlerinin aktif olduğu bölümde pH 7’de Şekil 2.6’deki çalışma grafiği ile çalışıldıktan sonra, çalışmanın ikinci kısmı olan banyo sıcaklığının 80°C’ye getirilmesiyle başlayan bölümde banyo pH’ı 12 ayarlanmıştır.

Tablo 3. 69. %1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %5 *glikozoksidaz* enzimi ile pH=12’de ve farklı sürelerde yapılan ultrasonik banyoda deneme sonuçları

	Enzim Çalışma Süresi (dakika)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	H ₂ O ₂ (mg)	Aktif Oksijen (mg)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham	-	4,9	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	52,00	83,91	1,60	12,27
Haşıl Sökme	-	4,3	17	8	15-0 30-0 60-0 90-0	-	-	54,56	83,47	1,92	12,93
Ultrason yok	15	4,02	14,51	7	15-0 30-1 60-2 90-5	1,7008	0,8	57,19	84,67	1,23	9,53
	30	3,35	12,85	7-8	15-0 30-2 60-7 90-15	1,7008	0,8	58,92	84,63	1,23	9,62
	60	3,22	12,85	8	15-11 30-20 60-30 90-40	1,7008	0,8	58,91	84,6	1,21	9,58
	120	3,21	12,89	8	15-10 30-18 60-31 90-41	1,7008	0,8	58,97	84,6	1,19	9,55
	120*	3,62	11,25	9	15-30 30-40 60-50 90-60	0,855	0,4	61,00	85,89	1,29	9,57
Ultrason var	15	4,22	15,66	7	15-2 30-7 60-16 90-30	1,7008	0,8	57,92	84,27	1,15	9,78
	30	4,16	14,53	8	15-8 30-16 60-42 90-50	1,7008	0,8	58,76	84,62	1,26	9,71
	60	4,01	14,32	9	15-9 30-16 60-38 90-49	1,7008	0,8	58,94	84,67	1,18	9,58
	120	3,43	13,01	9	15-30 30-38 60-50 90-60	1,7008	0,8	59,75	84,82	1,24	9,39

Alkali ortamda *glikozoksidaz* enziminin etkisiyle ortaya çıkan hidrojen peroksitin parçalanması ve kumaşın beyazlığı artırılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen veriler ilgili tabloda sunulmuştur.

(*) Ayrıca hidrojen peroksitin yüksek sıcaklıklardaki aktivitesini görebilmek için çalışmanın bir kısmında ise ultrasonuz sıcaklık 80°C yerine 95°C'ye yükseltilerek burada 30 dakika çalışılmış ve üretilen hidrojen peroksit ile kumaşın ağartılması incelenmiştir

3.2.2.2.6. Optimize Enzimatik Ön Terbiye Sonrası Doğal Boyalarla Renklendirme Tek Banyoda ön terbiye ve Boyama İşlemleri

Yapılan çalışmalar ışığında elde edilen veriler ile yapılan optimizasyon sonunda önerilen ön terbiye işlem parametreleri 4. Bölümde verilmiştir. Buna göre; ultrason banyosunda %1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %5 *glikozoksidaz* enzim kombinasyonu pH=7'de 50°C'de 30 dakika çalıştıktan sonra banyo sıcaklığı 80°C'ye yükseltilir ve sıcaklıkta 30 dakika daha çalışılıp işlem sona erdirilir. İşlem sonunda banyo boşaltılmamış ve boyama işlemi aynı banyoda yapılmıştır.

Bu optimize edilen parametreler ışığında ön terbiyesi tamamlanan kumaşlar Bölüm 2 Şekil 2.9'da verilen doğal boyama prosesi ile mordansız 4 farklı doğal boyarmadde kaynağı ile renklendirme işlemleri yapılmıştır.

Kumaşın ön terbiyesi ve boyama işlemleri tek bir banyoda gerçekleşmiştir. Elde edilen renkler ilgili tabloda verilmiştir. Şekil 2.7'de verilen düzenekte açıklandığı üzere ön terbiye ve boyama işlemleri esnasında ultrasonik banyo içerisinde bulunan kumaş 1 cm/dak. hızla her hangi bir mekanik tahrik kullanılmadan el yordamıyla hareket etmesi sağlanmıştır.

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) Koordinatları

Yapılan tek banyoda ön terbiye ve boyama işlemlerinden sonra boyalı kumaşların spektrofotometrede elde edilen spektral değerleri ilgili tabloda sunulmuştur.

Tablo 3. 70. Enzimatik ön terbiye işlemi sonunda ultrasonik banyo kullanılarak ve kullanılmadan doğal boyarmadde kaynakları ile boyanan kumaşların renkleri

	NK	FK	PAY	HC
Enzim				
Enzim + Ultrason				

Tablo 3. 71. Pamuklu kumaşların enzim ve Enzim-Ultrason-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

		NK	FK	PAY	HC
Enzim	K/S	2,43	1,02	0,76	0,75
	L^*	69,32	74,02	76,79	73,7
	a^*	4,35	3,56	2,35	1,67
	b^*	25,39	16,31	14,51	10,37
	C^*	25,76	16,69	14,7	10,51
	h	80,27	77,67	80,8	80,85
Enzim + Ultrason	K/S	0,84	0,75	0,80	0,81
	L^*	73,13	73,27	73,97	72,55
	a^*	2,14	2,0	1,62	1,33
	b^*	11,51	10,04	11,75	10,15
	C^*	11,7	10,24	11,85	10,14
	h	79,45	78,72	82,17	82,44

Haslık Test Sonuçları

Tek banyoda üçlü enzim kombinasyonu ile ön terbiyesi gerçekleştirilen kumaş aynı banyo içinde doğal boyalar ile boyanarak renklendirilmiş ve elde edilen renklerin haslık testleri yapılmıştır. Boyalı kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 72. Enzim-Ultrason-Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları

Nar Kabuğu										Fındıkkabuğu									
Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık		
				Asidik		Bazik							Asidik		Bazik				
L	R	K	Y	L	R	L	R		L	R	K	Y	L	R	L	R			
Enzim	5	4/5	4/5	4/5	5	4	5	4/5	4	5	4/5	5	5	5	4/5	5	5	2-3	
Enzim + Ultrason	5	5	5	4/5	5	4/5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	4/5	5	4/5	3	

Portakal Ağacı Yaprağı										Havacıva									
Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık		
				Asidik		Bazik							Asidik		Bazik				
L	R	K	Y	L	R	L	R		L	R	K	Y	L	R	L	R			
Enzim	5	5	5	5	5	4/5	5	4/5	1	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	2	
Enzim + Ultrason	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	2	

3.2.3. Ozon Gazının Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi

Ozon Gazı ile Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu

Bölüm 2 Şekil 2.13’de verilen uygulama planı çerçevesinde ozon gazının çalışma parametreleri optimize edilmiştir. Su banyosu pH değerinin optimize edilmesi çalışmaları literatürde de açıkça belirtildiği üzere 7 olması birçok bilim adamı tarafından belirtilmektedir. Bundan sonraki yapılacak deneme çalışmalarında banyo pH’ı 7 olarak ayarlanmış, diğer parametreler değiştirilmek suretiyle denemeler gerçekleştirilmiştir.

Kumaşa farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100, %110, %120 ve %130 oranında) su emdirilerek oda sıcaklığında ayrı ayrı 15 ve 60 dakika boyunca kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakıldıktan sonra 45°C’de sıcaklıktaki banyoda 5 dakika yıkandıktan sonra oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 73. Pamuklu kumaşın ozon gazı uygulaması sonrası hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve haşıl sökme oranları (Banyo pH=7, Ozon gazı uygulama süresi: 15 dakika)

AF (%)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
HAM	4,9	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
0	4,9	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	54,40	84,02	1,59	11,62
10	4,83	20	2	15-0 30-0 60-0 90-0	55,58	83,66	1,25	10,98
20	4,68	20	2	15-0 30-0 60-0 90-0	58,08	85,42	1,38	10,49
30	4,50	19	2	15-0 30-0 60-0 90-1	59,03	85,52	1,28	10,20
40	4,30	19	3	15-0 30-0 60-5 90-10	60,92	84,60	1,51	11,15
50	4,30	19	4	15-0 30-2 60-9 90-15	63,78	87,76	1,31	10,29
60	4,30	19	4	15-0 30-2 60-8 90-16	63,83	88,39	0,83	8,85
70	4,30	19	4	15-0 30-1 60-7 90-15	63,82	88,44	0,76	8,79
80	4,30	19	5	15-0 30-3 60-7 90-15	62,38	85,59	1,09	9,58
90	4,21	18,5	5	15-0 30-3 60-8 90-16	61,65	85,55	1,11	9,59
100	4,3	19	5	15-1 30-6 60-10 90-16	61,37	85,40	1,13	9,60
110	4,34	19	5	15-3 30-9 60-15 90-19	61,17	85,22	1,17	9,63
120	4,30	19	5	15-2 30-8 60-14 90-20	61,13	85,22	1,17	9,68
130	4,34	19	5	15-5 30-8 60-15 90-21	61,24	8527	1,11	9,63

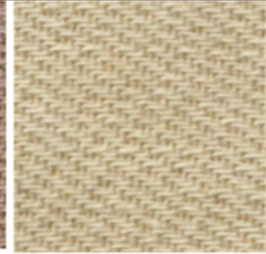
Tablo 3. 74. Pamuklu kumaşın ozon gazı uygulaması sonrası hidrofilite, beyazlık, mukavemet ve haşıl sökme oranları (Banyo pH=7, Ozon gazı uygulama süresi: 60 dakika)

AF (%)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
HAM	4,9	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
0	4,85	19	2	15-0 30-0 60-1 90-5	52,75	83,81	1,71	12,36
10	4,63	19	2	15-0 30-0 60-2 90-6	55,58	84,01	1,25	10,98
20	4,30	18	3	15-0 30-0 60-1 90-6	57,09	85,02	1,45	10,79
30	3,90	18	3	15-0 30-0 60-1 90-7	61,03	85,52	1,28	10,20
40	3,71	18	4	15-0 30-0 60-2 90-8	63,92	88,77	0,45	7,78
50	3,81	18	4	15-0 30-0 60-3 90-10	64,66	88,65	0,42	8,17
60	3,7	19	4	15-0 30-3 60-8 90-11	64,55	87,39	0,64	8,71
70	3,86	18	4	15-0 30-3 60-8 90-12	62,42	87,33	0,65	8,74
80	3,85	17	5	15-0 30-4 60-9 90-12	61,60	87,01	0,72	9,00
90	3,69	17	5	15-0 30-1 60-3 90-10	61,13	86,71	0,76	9,10
100	3,88	17	5	15-0 30-1 60-4 90-11	61,05	86,95	0,80	9,28
110	3,85	17	5	15-0 30-3 60-8 90-12	60,61	86,86	0,83	9,45
120	3,9	16,5	5	15-1 30-4 60-10 90-15	57,77	85,38	1,25	10,84
130	3,89	16,5	5	15-1 30-6 60-10 90-17	56,06	85,03	1,36	11,11

3.2.3.1. Ozon Gazı Optimizasyonu - Doğal Boya Kombinasyonu

Ozon gazı çalışması; pH =7’de %50 nem emdirilmiş ve 15 dakika ozon gazına maruz kalan kumaş numunelerine ozon gazı ile ideal bir ön terbiye işlemi yapıldıktan sonra kumaşlar mordan maddesi kullanılmadan dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmışlardır.

Tablo 3. 75. Pamuklu kumaşların Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renkleri

	NK	FK	PAY	HC
Ekstrakte ile boyama				
Direk boyama				

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Ozon gazı ile ön terbiye işlemi yapılan kumaşların doğal boya denemeleri sonunda elde edilen renklerin spektrofotometrik sonuçları ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 76. Pamuklu kumaşların Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

Boyama Yöntemi	Renk verimi	NK	FK	PAY	HC
Ekstrakte ile boyama	K/S	2,81	1,22	0,86	0,85
	L^*	79,32	71,02	75,79	74,7
	a^*	5,35	4,56	3,35	2,67
	b^*	24,39	15,31	15,51	11,37
	C^*	26,76	17,69	15,7	11,51
	h	81,27	78,67	81,8	82,85
Direkt boyama	K/S	0,94	0,85	0,90	0,91
	L^*	83,13	82,27	83,97	82,55
	a^*	3,14	3,01	2,82	2,93
	b^*	12,5	11,04	12,74	11,05
	C^*	13,7	12,24	13,85	12,14
	h	85,45	82,72	86,17	87,44

Haslık Test Sonuçları

Ozon gazı optimizasyon denemeleri sonunda ön terbiye işlemi tamamlanan kumaş numuneleri mordan maddesi kullanılmadan tez kapsamında kullanılan dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile boyanmıştır.

Boyamalar iki etapta gerçekleşmiştir. İlk olarak 1.deneme grubuna 2. bölümde açıklandığı şekilde boyarmaddelerin ekstraksiyonu elde edilmiş ve elde edilen bu ekstrakteler ile kumaşlar boyanmıştır.

İkinci deneme grubuna ise ilgili doğal boyalar birlikte boyama yöntemine göre aynı banyoda boyanmışlardır. Her iki boyama grubunda boya: materyal arasındaki oran 1:1 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Boyama işlemlerinden sonra elde edilen kumaşların renk haslıkları tespit edilmiştir. Bu boyalı kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 77. Ozon Gazı-Doğal boya kombinasyonu ile elde edilen renklerin haslık test sonuçları

		Nar Kabuğu								Fındıkkabuğu									
		Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
						Asidik		Bazik							Asidik		Bazik		
		L	R	K	Y	L	R	L	R		L	R	K	Y	L	R	L	R	
Ekstrakte ile boyama		4/5	4/5	5	4/5	5	4	5	4	5	5	4/5	5	5	5	4/5	5	5	2-3
Direk boyama		5	4/5	5	4/5	5	4	5	5	4-5	5	5	4/5	5	5	4	5	4/5	3

		Portakal Ağacı Yaprığı								Havacıva									
		Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
						Asidik		Bazik							Asidik		Bazik		
		L	R	K	Y	L	R	L	R		L	R	K	Y	L	R	L	R	
Ekstrakte ile boyama		5	4/5	4/5	5	5	4	5	4/5	1-2	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	2
Direk boyama		4/5	5	5	5	5	5	5	4/5	2	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	2

3.2.3.2. Çeşitli Kimyasallar ile Ozon Gazının Kombinasyonu

Ozon gazının kumaş üzerindeki etkileri farklı kimyasal maddeler ile kombine ederek incelenmiştir. Kombinasyonlarda karışım yapılan kimyasalın kumaş üzerine aplikasyon oranı daha önceki yapılan optimizasyon çalışmasında elde edilen değer olan %50 flotte alım oranı üzerinden denemeler gerçekleştirilmiştir.

Tüm çalışmalar için kumaşlar ile iki ayrı deney seti hazırlanmıştır. 1. deney seti ozon gazına maruz bırakılmıştır. Kapalı sistemde 15 ve 60 dakika olmak üzere iki farklı zaman dilimi seçilmiştir. 2. deney seti ise ozon gazına maruz kalmadan aynı sürelerde sarma bekletme yöntemine göre bekletilmişlerdir (Kör denemeler).

Farklı kimyasal maddelerin, farklı konsantrasyonlarda ozon gazı ile etkileşimi sonunda kumaş üzerinde meydana gelen ağartma etkileri ve haşıl sökme, hidrofilite, kopma kuvveti gibi diğer ön terbiye özellikleri de incelenmiştir.

Ozonlama/bekletme işleminden sonra tüm deney setindeki kumaş numuneleri 45°C’de sıcaklıktaki yıkama banyosunda 5 dakika yıkandıktan sonra oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır. Bu bağlamda yapılan deneme çalışmaları ve sonuçları şunlardır;

➤ **Ozon Gazı-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu:**

Hidrojen peroksit ile ozon gazı arasında altı farklı kombinasyon yapılarak kumaşın ağartılabilme olanakları araştırılmıştır. Elde edilen uygun prosesler daha sonra boyanmak suretiyle haslıkları test edilmiştir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda sunulmuştur.

1. Deneme ve Sonuçları:

Bu çalışma kumaş numunelerine hazırlanan 40 mL/L H₂O₂ (%35'lik) çözeltisi emdirilmiştir. Çözelti pH'ı 7 olarak ayarlanmıştır. Denemeler sonunda elde edilen veriler ilgili tablolarda sunulmuştur.

Tablo 3. 78. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları. Ağartma banyosu pH=7

		Ozonlama Süre (dakika)/ Bekletme Süresi	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
	Ham Kumaş	-	4,80	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
40 ml/lt H ₂ O ₂ (%35)	Kör	15	4,40	16	3	15-0 30-0 60-0 90-0	57,82	87,17	1,03	10,07
	Ozon Gazlı Kumaş	15	4,10	15	3-4	15-0 30-0 60-0 90-1	63,48	87,16	0,49	8,07
	Kör	60	4,41	18	3-4	15-0 30-2 60-7 90-11	58,36	85,74	0,78	9,8
	Ozon Gazlı Kumaş	60	4,00	18	5-6	15-0 30-8 60-15 90-20	66,00	88,0	0,35	7,32

2. Deneme ve Sonuçları:

Bu çalışmada ise 1. denemede yapılan çalışmadan tek farkı hazırlanan hidrojen peroksitli çözeltisinin pH'ının 11,5 olarak ayarlanmasıdır. Benzer sürelerde işlemler gerçekleştirilmiştir. Banyoda kullanılan hidrojen peroksitin orta derecede bazik ortamdaki oksidatif etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Kumaşın beyazlık derecesinin bir miktar daha artırılabilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 3. 79. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları (Ağartma banyosu pH=11,5)

		Ozonlama Süre (dakika)/ Bekletme Süresi	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
	Ham Kumaş	-	4,8	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,34	1,55	12,07
40 ml/lt H₂O₂ (%35)	Kör	15	4,29	16	5	15-0 30-1 60-3 90-5	60,62	87,35	0,1	8,81
	Ozon Gazlı Kumaş	15	4,07	16	6-7	15-4 30-8 60-12 90-19	63,32	88,15	0,07	8,03
	Kör	60	4,00	17	5-6	15-0 30-2 60-9 90-15	60,62	86,98	0,32	9,3
	Ozon Gazlı Kumaş	60	3,96	17	6-7	15-1 30-7 60-10 90-18	63,51	87,89	0,19	8,04

3. Deneme ve Sonuçları:

Bu çalışmada ise 2. denemede yapılan çalışmadan tek farkı hazırlanan ağartma çözeltisinin pH'ı 14 olarak ayarlanmıştır. Yani kumaş numunesi 40 ml/L H₂O₂ (%35'lik) + 40 g/L NaOH + 2 g/L ısıtıcı ile hazırlanan ağartma çözeltisi ile emdirilmiştir. Tam bazik ortamda kullanılan hidrojen peroksitin aktivitesi incelenmiştir. Ayrıca emdirme banyosuna bir miktarda non-iyonik ısıtıcı kullanılmıştır. Benzer sürelerde işlemler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. 80. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları. Ağartma banyosu pH= 14

		Ozonlam a Süre (dakika)/ Bekletme Süresi	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham Kumaş		-	4,8	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,34	1,55	12,07
40 ml/lt H ₂ O ₂ (%35) + 40 g/lt NaOH + 2 g/lt ısıtıcı	Kör	15	4,21	15	6-7	15-0 30-2 60-9 90-13	62,02	87,72	-0,16	8,24
	Ozon Gazlı Kumaş	15	3,98	15	8	15-0 30-4 60-8 90-15	64,11	88,04	0,12	7,51
	Kör	60	3,98	19,5	6-7	15-0 30-3 60-9 90-14	61,46	87,63	0,17	8,3
	Ozon Gazlı Kumaş	60	3,96	17,5	8	15-0 30-8 60-15 90-25	63,06	87,92	0,09	8,13

4. Deneme ve Sonuçları:

40 ml/L H₂O₂ (%35'lik) ağartma çözeltisi ile yapılan deneme çalışmalarında elde edilen beyazlık derecesini daha fazla artırabilmek için kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonu ilk çalışmaya göre iki katına çıkartılarak yeni çalışma banyoları hazırlanmıştır. Bu çalışmada ise kumaş numuneleri 80 ml/L H₂O₂ (%35'lik) ağartma çözeltisi ile emdirilmiştir. Çözelti pH'ı 7 olarak ayarlanmıştır. Benzer sürelerde işlemler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. 81. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları. Ağartma banyosu pH=7

		Ozonlam a Süre (dakika)/ Bekletme Süresi	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
	Ham Kumaş	-	4,8	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
80 ml/lt H ₂ O ₂	Kör	15	4,46	17	3	15-0 30-3 60-9 90-15	57,92	85,21	0,88	9,87
	Ozon	15	4,10	16	3-4	15-0 30-4 60-7 90-11	64,33	87,50	0,52	7,92
	Kör	60	4,34	17	3-4	15-1 30-5 60-8 90-16	59,21	86,26	0,52	9,39
	Ozon	60	3,96	17	5-6	15-0 30-4 60-8 90-15	67,23	88,37	0,24	6,87

5. Deneme ve Sonuçları:

Bu çalışmada ise kumaş numuneleri 80 ml/L H₂O₂ (%35'lik) + 2 g/lt ıslatıcı içeren ağartma çözeltisi emdirilmiştir. Çözelti pH'ı 7 olarak ayarlanmıştır. Benzer sürelerde işlemler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. 82. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ (+ ıslatıcı) ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları. Ağartma banyosu pH= 7

		Ozonlama Süre (dakika)/ Bekletme Süresi	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
	Ham Kumaş	-	4,8	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
80 ml/lt H ₂ O ₂ + 2 g/lt ıslatıcı	Kör	15	4,34	16	5-6	15-4 30-10 60-17 90-20	59,35	85,93	0,88	9,61
	Ozon	15	4,02	15,5	6	15-1 30-6 60-11 90-17	64,62	87,84	0,49	7,92
	Kör	60	4,27	18,5	6	15-6 30-12 60-20 90-20	60,09	86,75	0,54	9,27
	Ozon	60	3,85	18	6	15-1 30-4 60-10 90-20	67,26	88,59	0,21	6,92

6. Deneme ve Sonuçları:

Bu çalışmada ise kumaş numuneleri 2 g/lt ıslatıcı içeren banyo ile emdirilmiştir. Çözelti pH'ı 7 olarak ayarlanmıştır. Kumaşlar 5, 15 ve 60 dakika boyunca ayrı ayrı sarma bekletme yöntemine göre bekletilmişler ve sonra yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. 83. Pamuklu kumaşlara H₂O₂ ile hazırlanmış ağartma flottelerinin emdirilmesi ve ozon gazı uygulama sonuçları. Ağartma banyosu pH= 7

	Ozonlama Süre (dakika)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L*	a*	b*
Ham Kumaş	-	4,80	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
2 g/lt ıslatıcı	5	4,61	19	3	15-0 30-2 60-5 90-9	61,30	86,13	0,93	9,0
	15	4,29	17,5	3	15-0 30-0 60-0 90-3	64,49	87,64	0,54	7,95
	60	4,03	17	4	15-0 30-2 60-6 90-10	65,07	87,57	0,54	7,69

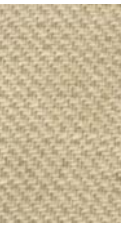
Bu denemeler ışığında ozon gazı ile hidrojen peroksit kombinasyonu için önerilen terbiye prosesi 4. bölümde verilmiştir. Buna göre; ***ağartma banyosu için 40 ml/L H₂O₂ (%35'lik), çözelti pH=7, flotte alım oranı %50, ozon gazı uygulama süresi 60 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi*** önerilmektedir.

Ayrıca önerilen ön terbiye işleminden sonra ilgili numuneler optimize edilen yöntem ile ön terbileri yapıldıktan sonra dört farklı boyarmadde kaynağı ile metal tuzları kullanılmadan boyanmış, renk verimleri ve haslık testleri de yapılmıştır.

Boyama ve Haslık Sonuçları

Optimize edilen ön terbiye işlemlerinden sonra dört farklı boyarmadde kaynağı ile boyanan materyale ait renk verimleri ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S koordinatları Tablo 3.65’de, haslık test sonuçları ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 84. Pamuklu kumaşların Ozon-Hidrojen Peroksit-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

	NK		FK		PAY		HC	
K/S		4,05		1,12		0,62		1,98
L^*		56,25		67,63		80,65		59,76
a^*		3,07		5,48		0,77		3,77
b^*		13,98		9,9		13,51		11,36
C^*		14,31		11,31		13,53		11,97
h		77,61		61,03		86,74		71,63

Boyalı pamuklu kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 85. Ozon-Hidrojen Peroksit-Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları

	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
					Asidik		Bazik		
	L	R	K	Y	L	R	L	R	
NK	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
FK	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	3
PAY	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	2
HC	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4	2

Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen peroksit Kombinasyonu

Bu çalışmada bakır sülfatın hidrojen peroksit üzerine yapmış olduğu katalitik etkiden faydalanarak kumaşların ağartma etkilerinin artırılması araştırılmış ve uygulanmıştır.

Bu amaçla 9 farklı bakır sülfat/hidrojen peroksit kombinasyonunda hazırlanmış olan çözeltisi ile emdirilmiş kumaş numuneleri kapalı sistemde 15 ve 60 dakika sürelerinde ozon gazına maruz bırakılmıştır.

Çözelti emdirme oranı %50 olacak şekilde ayarlanmıştır. Çalışma sonunda numuneler ilk bölümde anlatıldığı şekilde yıkanmışlardır. Bu işlemler sonunda kumaşta meydana gelen değişimler tespit edilmiş olup sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Bu denemeler ışığında ozon gazı-bakır sülfat-hidrojen peroksit kombinasyonu için önerilen terbiye prosesi 4. bölümde verilmiştir. Buna göre; ***ağartma banyosu için 80 ml/L H_2O_2 (%35'lik), 0,1 mL/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi mevcut banyo pH'si, flotte alım oranı %50, ozon gazı uygulama süresi 60 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi*** önerilmektedir.

Ayrıca önerilen ön terbiye işleminden sonra ilgili numuneler optimize edilen yöntem ile ön terbileri yapıldıktan sonra dört farklı boyarmadde kaynağı ile metal tuzları kullanılmadan boyanmış, renk verimleri ve haslık testleri de yapılmıştır.

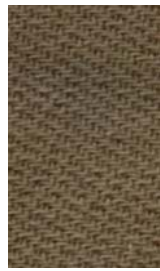
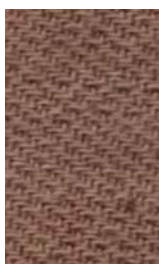
Tablo 3. 86. Ozon Gazı-Bakır Sülfat($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen peroksit kombinasyonu

Deneme Sayısı		Ozonlama Süre (dakika)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
	Ham Kumaş	-	4,80	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,34	1,55	12,07
1	1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	15	4,40	17	3	15-0 30-0 60-0 90-3	54,64	84,67	- 0,73	9,09
2	1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 40 ml/lt H_2O_2 (%35)	15	4,38	18	4/5	15-0 30-0 60-1 90-3	57,45	86,04	- 0,96	8,3
3	1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 80 ml/lt H_2O_2 (%35)	15	Çözeltide çökme meydana gelmiştir.							
4	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	15	4,37	17	2	15-0 30-0 60-0 90-1	60,39	85,69	0,76	8,95
5	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 40 ml/lt H_2O_2 (%35)	15	4,34	17	5	15-0 30-0 60-0 90-2	64,27	87,81	0,24	7,24
6	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 80 ml/lt H_2O_2 (%35)	15	3,87	16	5	15-0 30-1 60-5 90-8	65,52	87,82	0,31	7,53
7	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	60	4,21	15	2	15-0 30-0 60-0 90-2	63,37	87,37	0,18	7,85
8	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 40 ml/lt H_2O_2 (%35)	60	3,99	17,5	5	15-0 30-0 60-0 90-3	66,21	88,30	0,28	7,28
9	0,1 g/lt $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 80 ml/lt H_2O_2 (%35)	60	3,76	16	5	15-0 30-1 60-5 90-9	67,85	88,31	0,22	6,59

Boyama ve Haslık Sonuçları

Optimize edilen ön terbiye işlemlerinden sonra dört farklı boyarmadde kaynağı ile boyanan materyale ait renk verimleri ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S koordinatları ve haslık test sonuçları ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 87. Pamuklu kumaşların Ozon-Bakır sülfat-H₂O₂-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

	NK		FK		PAY		HC	
K/S		5,15		1,21		0,92		2,08
L^*		54,22		65,60		79,5		60,16
a^*		3,77		5,19		0,84		4,12
b^*		14,18		10,02		12,55		12,66
C^*		13,21		12,25		13,53		11,97
h°		78,41		60,27		85,69		72,87

Boyalı pamuklu kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 88. Ozon-Bakır sülfat-H₂O₂-Doğal Boya kombinasyonu sonucu kumaşların haslık test sonuçları

	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
					Asidik		Bazık		
	L	R	K	Y	L	R	L	R	
NK	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5
FK	5	5	5	4/5	5	5	5	5	3
PAY	5	5	5	5	4/5	5	5	5	2
HC	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	2

Ozon Gazı-Sodyum Persülfat (Na₂S₂O₈) Kombinasyonu

10 g/L sodyum persülfat ile hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen materyaller 15 ve 60 dakikalık iki farklı ozonlama süresi üzerinde çalışma yapılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için kör denemeler de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 89. Ozon Gazı-Sodyum Persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) Kombinasyonu

		Ozonla ma Süre (dakika)	Ağartma Flotte (pH)	Kopma Kuvveti (N)	% Uzama	Haşıl Sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
	Ham Kumaş	-	-	4,9	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,34	1,55	12,07
10 g/lt $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	Kör	15	7,67	4,16	16	3-4	15-10 30-16 60-25 90-30	59,11	84,75	1,37	9,77
	Ozon Gazlı Kumaş	15	7,67	4,1	16	3-4	15-3 30-8 60-12 90-15	64,54	87,13	0,74	7,93
10 g/lt $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	Kör	60	7,67	4,13	17	3-4	15-5 30-12 60-20 90-25	59,54	84,97	1,31	9,62
	Ozon Gazlı Kumaş	60	7,67	4,13	18	3-4	15-1 30-5 60-10 90-16	67,35	88,05	0,59	7,08

Bu denemeler ışığında ozon gazı-sodyum persülfat-hidrojen peroksit kombinasyonu için önerilen ön terbiye proses parametreleri 4. bölümde verilmiştir. Buna göre; ***ağartma banyosu için 10 g/L sodyum persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$), çözelti pH=7.67, flotte alım oranı %50, ozon gazı uygulama süresi 15 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi*** önerilmektedir

Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) Kombinasyonu

10 g/L sodyum perborat ile hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen materyaller 15 ve 60 dakikalık iki farklı ozonlama süresi üzerinde çalışma yapılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için kör denemelerde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

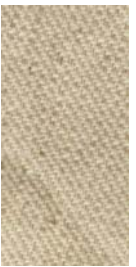
Bu denemeler ışığında ozon gazı-sodyum perborat-hidrojen peroksit kombinasyonu için önerilen terbiye prosesi 4. bölümde verilmiştir. Buna göre; ***ağartma banyosu için 10 g/L sodyum perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), çözelti pH=10, flotte alım oranı %50, ozon gazı uygulama süresi 15 dakika olarak tespit edilmiştir. Ayrıca önerilen ön terbiye işleminden***

sonra ilgili numuneler dört farklı boyarmadde kaynağı ile metal tuzları kullanılmadan boyanmış, renk verimleri ve haslık testleri de yapılmıştır.

Tablo 3. 90. Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kombinasyonu

		Ozonla ma Süre (dakik a)	Ağartma Flotte (pH)	Kopma Kuvveti (N)	% Uza ma	Haşıl Sökme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/ saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham Kumaş		-	-	4,8	20	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,34	1,55	12,07
10 g/lt $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Kör	15	10	4,39	17	3	15-4 30-10 60-15 90-21	59,62	85,91	1,02	9,65
	Ozon Gazlı Kum aş	15	10	4,39	20	5-6	15-1 30-5 60-11 90-16	63,74	87,28	0,58	8,12
10 g/lt $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Kör	60	10	4,45	18	3-4	15-6 30-11 60-16 90-21	59,89	86,14	0,92	9,54
	Ozon Gazlı Kum aş	60	10	4,19	17	6	15-1 30-6 60-10 90-16	66,92	88,31	0,46	7,21

Tablo 3. 91. Pamuklu kumaşın Ozon-Sodyum Perborat-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renkler ve CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri

	NK		FK		PAY		HC	
K/S		5,12		1,04		0,55		1,27
L^*		54,99		67,6		79,62		65,19
a^*		3,6		6,24		1,05		2,94
b^*		20,57		9,96		12,02		9,83
C^*		20,89		11,76		12,06		10,26
h		80,07		57,93		85		73,37

Haslık Testleri Sonuçları

Yapılan boyama işlemlerinden sonra boyalı kumaşların Spektrofotometrede elde edilen değerleri ilgili tabloda verilmiştir. Boyalı pamuklu kumaşlara yıkama, sürtme, ter ve ışık haslık testleri yapılmış olup sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 92. Pamuklu kumaşın Ozon-Sodyum Perborat-Doğal Boya kombinasyonu sonucu haslık test sonuçları

	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
					Asidik		Bazık		
	L	R	K	Y	L	R	L	R	
NK	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
FK	5	5	5	5	4/5	5	5	4/5	3
PAY	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	2
HC	4/5	5	4/5	4/5	5	4/5	5	4	2

3.2.3.3. Ozon Gazı – Ultrason Kombinasyonu

Bu çalışmada ise ozon gazı ile ultrasonik yıkama etkilerinin kumaş üzerinde yapacağı etkiler araştırılmıştır. Bunun için 6 pasaj şeklinde ozon gazı/ultrasonik yıkama çalışması planlanmıştır. Pasaj çalışma şekli ve ozon uygulaması 2. Bölümde verilmiştir. Denemeler sonunda elde edilen sonuçlar ilgili tablolarda verilmiştir.

Tablo 3. 93. Pamuklu kumaşın Ozon Gazı-Ultrason kombinasyonu sonuçları

Pasaj No	AF (%)	Kopma kuvveti (N)	Kopma Uzaması (mm)	% Ağırlık Kaybı	Haşıl Sökülme (Tegewa)	Hidrofilite (mm/saniye)	Beyazlık (Stensby)	L^*	a^*	b^*
Ham Kumaş	-	4,8	20	-	1	15-0 30-0 60-0 90-0	52,00	83,91	1,60	12,27
1	50	4,43	20	1,13	3	15-0 30-3 60-7 90-15	64,32	87,12	0,79	8,07
2	50	4,34	19	1,71	4	15-0 30-3 60-6 90-18	67,04	87,87	0,60	7,13
3	50	4,30	19,5	2,37	4	15-3 30-6 60-12 90-20	69,84	88,86	0,39	6,26
4	50	4,29	20	2,84	5	15-4 30-8 60-15 90-22	72,79	89,58	0,33	5,40
5	50	4,16	18,5	3,01	5	15-4 30-7 60-16 90-22	72,53	89,38	0,30	5,38
6	50	4,00	17	3,11	6	15-5 30-8 60-16 90-23	72,42	89,19	0,35	5,62

Boyama ve Haslık Sonuçları CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) Koordinatları

Ön terbiye işlemleri olarak ozon-ultrason kombinasyonu ile yapılan numunelerin boyanabilirlikleri dört farklı doğal boyarmadde kaynağı ile Bölüm 2’de verilen yöntemler ile boyanmıştır. Boyama öncesinde kumaş numunelerine metal tuzları uygulanmamıştır. Boyamalardan elde edilen renkler ilgili tabloda verilmiştir. 6 pasaj (P.N.=Pasaj numarası) ozon-ultrason kombinasyonu sonunda elde edilen numuneler ayrı ayrı boyarmadde kaynakları ile boyanmıştır. Elde edilen renkler geleneksel yöntemlerle ön (G.Ö.= Geleneksel Ön terbiye) terbiyesi yapılmış ve boyanmış kumaşların renkleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm kombinasyonlar sonunda elde edilen boyanmış kumaşların spektral değerleri ayrı ayrı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili Tablo 3.75’da verilmiştir.

Yapılan ozon-ultrason kombinasyonu sonrasında dört farklı doğal boya ile boyanmış kumaş numunelerinin yıkama, sürtme, ter ve ışık haslıkları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir.

Tablo 3. 95. Pamuklu kumaşın Ozon-Ultrason-Doğal boya kombinasyonu sonucu elde edilen renklerinin haslık değerleri

Pasaj No	Nar Kabuğu									Fındıkkabuğu								
	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
					Asidik		Bazik							Asidik		Bazik		
	L	R	Y	K	L	R	L	R		L	R	Y	K	L	R	L	R	
G.Ö.	5	3	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	6	5	5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	3
1	5	4	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	6	5	5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	2
2	5	4	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	6	4/5	5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	2
3	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	6	5	5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	2
4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	6	5	4/5	5	4	5	4/5	5	4/5	2
5	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	6	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	2
6	4/5	4	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	6	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	2
Pasaj No	Portakal Ağacı Yaprağı									Havacıva								
	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık	Yıkama		Sürtme		Ter				Işık
					Asidik		Bazik							Asidik		Bazik		
	L	R	Y	K	L	R	L	R		L	R	Y	K	L	R	L	R	
G.Ö.	5	4	5	4/5	5	4/5	5	4/5	2	5	3	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	2
1	5	4	5	4	5	4/5	5	4/5	2	4/5	4	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	3
2	5	4	5	4/5	5	4/5	5	4/5	2	5	4	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3
3	5	4/5	5	4	5	4/5	4/5	4/5	2	5	4	5	4/5	5	4/5	5	4/5	3
4	5	5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	2	5	4	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	3
5	4/5	4	5	4	5	5	5	4/5	2	5	4	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	2/3
6	5	4	5	4/5	5	4/5	5	4/5	2	4/5	4	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	2/3

G.Ö.: Geleneksel ön terbiye

4. BÖLÜM

TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Pamuklu Kumaşların Geleneksel Yöntemlerle Terbiyesi

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Ön Terbiyesi

Pamuklu dokuma kumaşlar geleneksel olarak ön terbiye işlemlerine tabi tutulduktan sonra Tablo 3.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Bu tabloya göre aşağıdaki sonuçları çıkartmak mümkündür.

% Ağırlık değişimi:

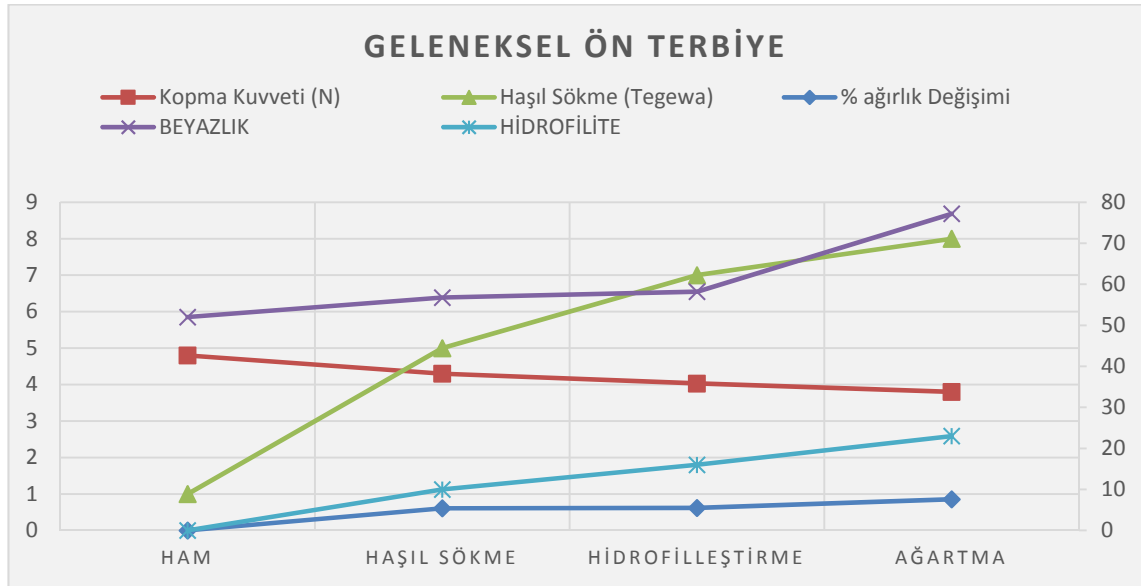
Selülozik kumaşlar ön terbiye işlemleri sonunda yapılan işlemin yoğunluğuna bağlı olarak belli oranlarda ağırlıklarından kaybederler. Bu ağırlık kayıpları genellikle ham kumaşın yapısında bulunan safsızlıklardan kaynaklanmaktadır. Haşıl sökme işlemi de bu ağırlık kayıplarına sebep olan işlemlerden biridir.

Haşıl sökme işlemi sonunda kumaşın ilk durumuna göre % 5,40'lık, hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri sonunda ise sırasıyla % 5,48 ve 7,59'luk bir ağırlık kabı söz konusu olmuştur. Bu beklenen bir ağırlık kaybıdır. Literatürde bu ağırlık kayıpları için materyal ağırlığı üzerinden % 5-10 civarında olduğu rapor edilmiştir [164]. Çünkü kumaşın ön terbiye işlemleri kumaş üzerinden istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması demektir ve ağırlık kaybı olması doğaldır. Terbiye işlemi ve yoğunluğu arttıkça kayıplarda artmaktadır.

Haşıl Sökme değişimi:

Nişasta günümüzde özellikle pamuk ipliklerinin haşıllanması da en fazla kullanılan haşıl maddesidir. Nişastanın %70-80'i amilopektin, %20-30'u amilozdur. Pamuklu ipliklerin nişasta ile haşıllanması da ipliklere aldırılması gereken haşıl miktarı yapay haşıl maddelerine nazaran daha yüksektir.

Nişasta enzimler ve bakteriler tarafından oksijen tüketerek parçalanmaktadır. Nişasta haşılının en önemli dezavantajı terbiye işlemlerinde sökölmesinin zor olmasıdır. Nişastanın amiloz kısmı suda çözünebilirken, amilopektin kısmı suda çözünmez [4].



şekil 4. 4. Geleneksel ön terbiye işlemi sonunda kumaşta meydana gelen değişimler

Tez kapsamında yapılan deneme çalışmalarında nişasta haşıl esaslı dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Bu nedenle kumaş üzerindeki haşıl maddesi uzaklaştırılmalıdır. Bu çalışmada geleneksel ön terbiye işlemleri ile haşıl maddesi kumaş üzerinden uzaklaştırılmıştır. İdeal haşıl sökme derecesinin test edilmesinde kullanılan kantitatif yöntem Karmakar 1999 tarafından Tablo 4.1’de açıklanmıştır.

Denemelerde kullanılan ham kumaşın haşıl sökme değeri Tegewa skalasında 1 olarak tespit edilmiştir, yani kumaş üzerinde yoğun miktarda nişasta haşılı var anlamına gelmektedir. α -amilaz enzimi ile haşıl sökme işleminden sonra bu değer 5/6 puan olarak, hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri sonunda ise sırasıyla 7 ve 8 puanlara ulaşmıştır. Yani geleneksel ön terbiye işlemleri sonunda kumaş üzerinde bulunan nişasta esaslı haşıl maddesinin iyi bir şekilde uzaklaşmış olduğu söylenebilir. şekil 4.1’de geleneksel ön terbiye işlemleri sonunda kumaşta meydana gelen değişimler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 4. 13. Haşıl sökme işleminde nişasta haşılının değerlendirilmesi [164]

	Ekstraksiyon (Su ekstratı) %	Tegewa Violet skala
Ham kumaş	6-10	1
Zayıf ön terbiye	0,5-5	2-5
İyi ön terbiye	0,1-0,4	6-9

Beyazlık değişimi:

Ham kumaşın yapısında yoğun miktarda doğal renkli pigmentler bulunmaktadır. Bunlarda ham kumaşın sarımtırak bir renkte görünmesini sağlamaktadır. Kumaşın üzerine uygulanacak boyama işlemlerinde özellikle de açık renklerde zemin rengi asıl rengi etkileyecek, istenilen renk tonları alınamayacak ve tekrarlanabilirlikler azalacaktır. Bu açıdan boya öncesi kumaşın zemininde renkli pigmentler olmamalıdır. Ağartma işlemleri ile bu durum sağlanabilir.

Duran, ön terbiye işlemi görmüş kumaşların farklı yöntemler ile ağartılmaları sonunda elde edilebilecek beyazlıklar hakkında temel bilgileri Tablo 4.2’de sunmuştur. Hidrojen peroksit kullanılarak çektirme yöntemine göre yapılan ağartmalarda en iyi beyazlık değerlerinin alınabileceğini bildirmiştir [171].

Tablo 4. 14. Ön terbiye işlemi görmüş pamuklu kumaşların ağartma sonundaki beyazlık derecesi [167]

Ağartma yöntemi	Beyazlık (Stensby)
Hidrojen peroksit (Çektirme)	82,92
Hidrojen peroksit (Soğuk bekletme)	81,71
Hidrojen peroksit (Pad-steam)	71,82
Hidrojen peroksit (Pad-roll)	69,22

Denemeler yapılmadan önce kumaşın beyazlık değeri spektrofotometrede ölçülmüş ve ortalama beyazlık derecesi 52 Stensby olarak tespit edilmiştir. Bu değer referans alınarak diğer çalışmaların karşılaştırmasında kullanılmıştır. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere geleneksel ön terbiye işlemleri olan haşıl sökölme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri sonunda sırasıyla beyazlık değeri 59.7, 60.80 ve 77.47 Stensby olarak ölçülmüştür. Beklenildiği üzere hidrojen peroksit ile yapılan ağartma işlemi sonunda oldukça yüksek derecelerde ağartma etkileri elde edilmiştir.

Hidrofilite değişimi:

Kumaşın su emme yeteneği, terbiye işlemleri için oldukça önemli bir fiziksel özelliktir. Kumaşın yaş terbiye işlemleri sırasında kullanılan kimyasal maddelerin kumaş üzerine aktarılmalarında hidrofilitate özelliği öne çıkmaktadır. Hidrofil kumaşlar daha kolay bir şekilde su emme yeteneğine sahip iken, hidrofob özellik gösteren kumaşların su emme yetenekleri çok zayıftır.

Su emme yeteneği zayıf olan kumaşların terbiye işlemleri de zor bir süreçtir çünkü yapıda bulunan yabancı maddeler su emilimini azaltır. Terbiye işlemlerinin daha kolay ve verimli bir şekilde yapılabilmesi için kumaşın hidrofil özellikte olması beklenmektedir.

Karmakar (1999), ön terbiye işlemi sonunda kumaşa kazandırılan hidrofilitate özelliğinin tespit edilmesinde, su sütun testinin kullanılabileceğini, yapılan testlerin sonuçlarının değerlendirilmesinde ise Tablo 4.3’ün kullanılabileceğini bildirmiştir. Buna göre ön terbiye işlemi iyi yapılmış kumaşların su sütun yüksekliklerinin 3-5 saniyede arasında 10 mm’ye, 10-30 saniyede arasında 20 mm’ye ve 40-70 saniyede arasında ise 30 mm’ye yükseleceğini bildirmiştir [172].

Tablo 4. 15. Ön terbiye işleminin su emme yeteneğini ile test edilmesi [164]

	Spot Test	Sütun testi (Wicking)		Sütun oranı (Wicking rate)		
		5 dak.	10 dak.	1 cm	2 cm	3 cm
İyi Ön terbiye	1-5''	30-50 mm	50-90 mm	3-5''	10-30''	40-70''
Zayıf Ön terbiye	10'' den daha	< 30 mm	< 50 mm	> 10''	> 30''	> 100''

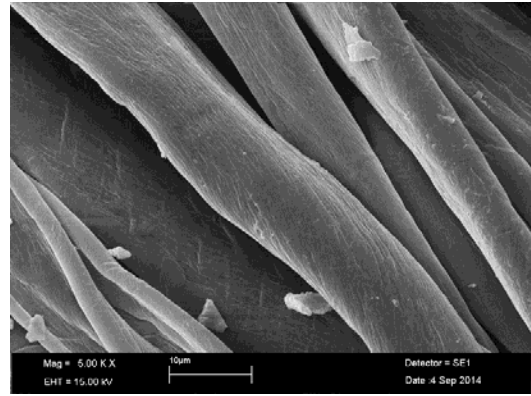
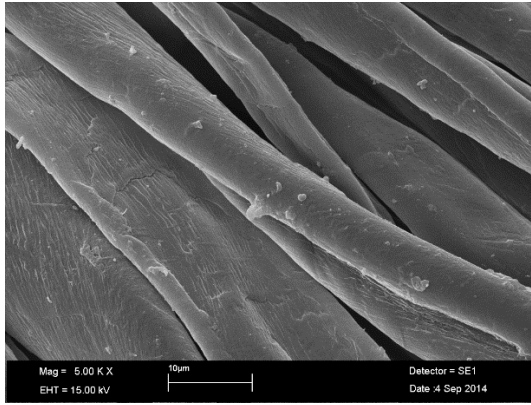
Denemeler sonunda ham kumaşın su emme yeteneği 90 saniye sonunda sütun yüksekliği sıfır (0) mm olarak tespit edilmiştir. Bu durumun ham kumaşın yapısındaki yoğun miktarda bulunan hidrofobik yapılardan ileri geldiği düşünülmektedir.

Haşıl sökölme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri gibi yaş terbiye işlemleri ile birlikte bu değer artmaya yani kumaşın su emme yeteneği gelişmeye başlamıştır. Haşıl sökölme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemi sonunda sırasıyla kumaşta 90 saniye sonunda sütun yüksekliği 10, 16 ve 23 mm'ye ulaşmıştır. Kumaş belli oranda hidrofilite özelliği kazanmıştır.

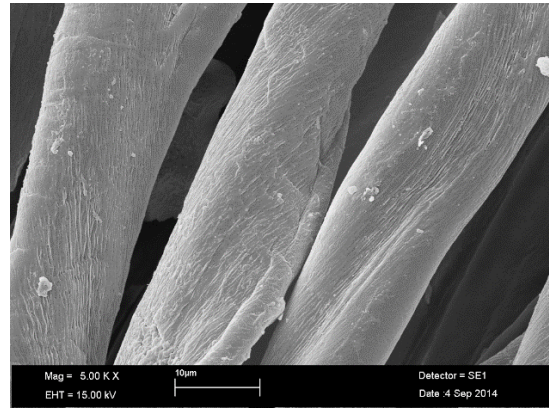
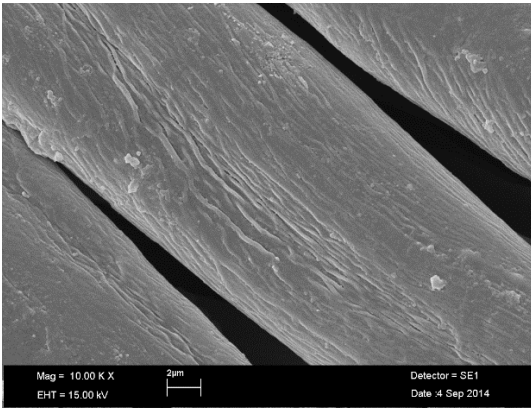
Kopma Kuvveti:

Pamuklu kumaş gördüğü terbiye işlemleri ile birlikte özellikle hidrojen peroksit ağartması sonunda parçalanmaya ve bunun sonucu kumaş mukavemetinden kaybetmeye başlar. Alkali pişirme esnasında kütle kayıplar yaklaşık %5-10 civarında olup, bu kayıp aynı zamanda mukavemet kaybına da neden olmaktadır. Sıcaklık, alkali ve oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak iplikteki bu mukavemet kayıpları da artmaktadır [164].

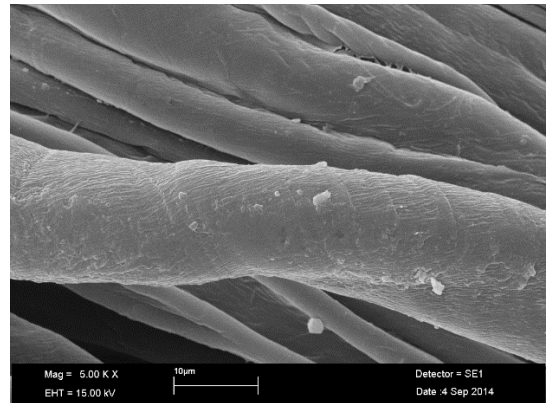
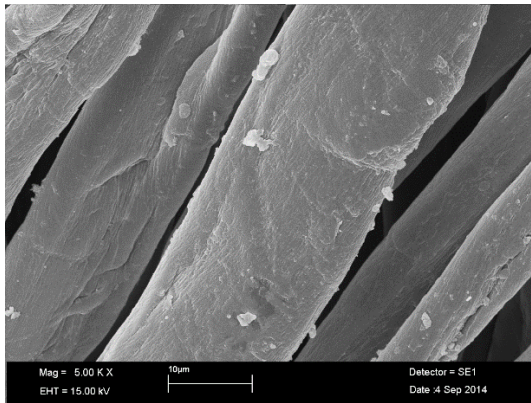
Denemelerde kullanılan ham kumaş için; kumaştan çekilen iplik kopma kuvveti ortalaması 4,80 N olarak tespit edilmiştir. Haşıl sökölme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemlerinden sonra iplik kopma kuvvetlerinin sırasıyla 4.30, 4.03 ve 3.80 N olduğu gözlemlenmiştir. Terbiye işlemlerinin artmasıyla birlikte mukavemet kayıpları da çıkmıştır. Hidrojen peroksit ağartma işlemi sonunda iplik kopma kuvveti kaybı yaklaşık %22 olarak tespit edilmiştir.



Han kumaşın SEM görüntüleri



Geleneksel yöntemlerle yapılan ön terbiye işlemleri sonrasındaki SEM görüntüleri



Çevre dostu yöntemlerle yapılan ön terbiye işlemleri sonrasındaki SEM görüntüleri

Şekil 4. 5. Ham ve ön terbiye işlemi görmüş kumaşların SEM görüntüleri

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesi

Ön terbiye işlemleri geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan numunelerin, boyama işlemleri de geleneksel doğal boyama yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Yaygın olarak bilinen ve kullanılan dört farklı metal tuzu kullanılarak yapılan boyama işlemlerinden elde edilen renkler ve haslık test sonuçları 3. bölümde verilmiştir. Boyama işlemlerinde geleneksel metotlar kullanıldığı için mordan maddesi kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla mordan maddesi olarak metal tuzları kullanılmıştır. Boyama esnasında bu metal tuzlarının bir kısmı kumaş üzerine applike edilirken, bir kısmı da boya banyosunda kalarak boyamadan sonra çevreye atılmaktadır. Özellikle krom gibi metal tuzlarının çevreye atılması çok tehlike arz etmektedir.

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°), K/S Değerleri ve Renkler Tonları

Renk Tonları: Farklı mordan maddeleri ile farklı renk tonları elde edilmiştir. Doğal boyaların en önemli özelliklerinden biri de budur.

Demir sülfat kullanılarak yapılan boyamalarda özellikle renk tonları koyu olup NK ile koyu kahverengi (a^* ve b^* değerleri 2,76 ve 8,98), FK ile açık gri (a^* ve b^* değerleri 1,07 ve 4,74), PAY ile açık küf yeşili (a^* ve b^* değerleri -0,89 ve 14,11) ve HC ile koyu gri tonlar (a^* ve b^* değerleri -0,04 ve -1,53) elde edilmiştir.

Bakır sülfat NK-PAY birleşiminde yeşil-haki nüanslı renk tonları vermiştir (a^* ve b^* değerleri -3,13 ve 30,64). FK ile koyu gri, HC ile açık bej tonları elde edilmiştir (a^* ve b^* değerleri 2,69 ve 8,81).

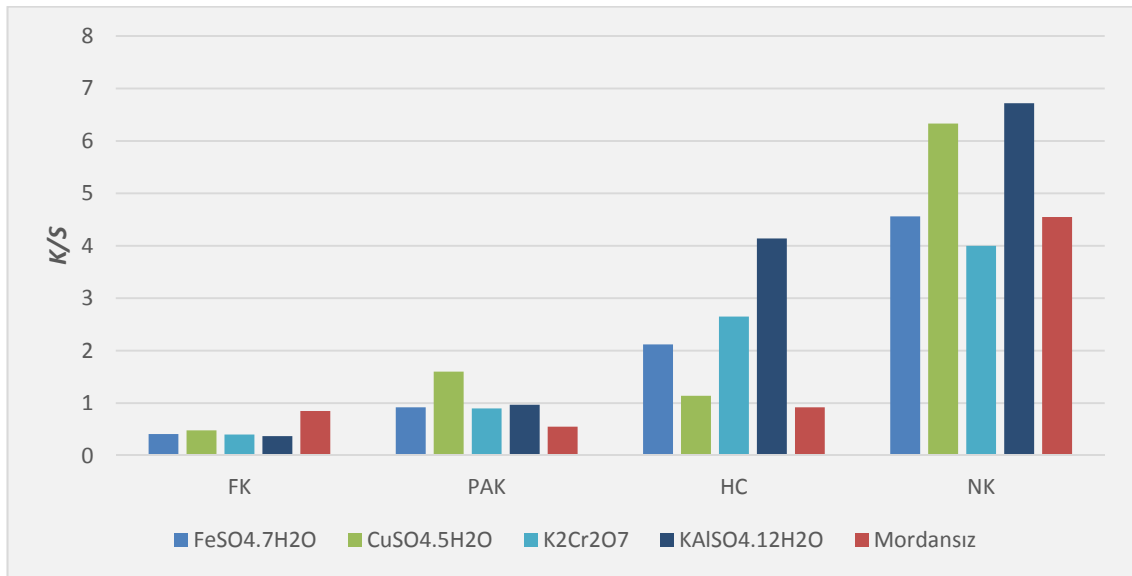
Potasyum dikromat kullanıldığında NK ile haki, FK ile gri, PAY ile küf yeşili ve HC ile koyu gri tonlar elde edilmiştir. Özellikle HC ile gri ton (a^* ve b^* değerleri -2,07 ve -4,93) öne çıkmaktadır.

Şap kullanıldığı zaman NK ile haki, FK ile açık pembe, PAY ile açık yeşil ve HC ile mor renkler elde edilmiştir. Özellikle HC ile yapılan boyamadan elde edilen mor ton (a^* ve b^* değerleri 13,79 ve -16,55) pastel tonlardan farklı olarak bu rengi öne çıkarmaktadır.

Mordan maddesi kullanılmadan yapılan boyama işlemlerinde ise renk tonları biraz daha pastel tonlarda kalmıştır. NK ile açık haki, FK ile açık pembe, PAY ile açık sarı ve HC ile boyandığı zaman ise bej renk tonları elde edilmiştir.

K/S Değeri: Renk verimlilikleri kullanılan doğal boya kaynaklarının boyamacılıkta kullanılabilirliklerini sergilemesi açısından önemlidir. Denemeler sonrasında bütün test edilen kaynakların kumaşları renklendirdiği fakat elde edilen renk verimliliklerinin farklılık arz ettiği gözlenmiştir.

K/S değerleri açısından genel olarak değerlendirilecek olursa doğal boyalar $NK > HC > PAY > FK$ olacak şekilde sıralanmaktadır. Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere en yüksek değer NK-şap kombinasyonu olarak görülmektedir. Bunu NK-bakır tuzu, NK-demir tuzu ve NK-dikromat izlemektedir. Ayrıca, fındikkabuğu ile yapılan boyamalarda mordansız yapılan boyama verimi mordan maddeleri ile yapılan boyama verimlerinden yüksek çıkmıştır.



Şekil 4. 6. Farklı mordan ve doğal boyarmaddeler kullanılarak geleneksel yöntemler ile boyanmış numunelerin K/S karşılaştırmaları

L Değeri: CIE LAB renk sisteminde açıklık eksenini tanımlanmaktadır. “L” değeri siyahta sıfırdan (0) başlayıp beyaz için 100’e ulaşır. NK, FK, PAY ve HC ile mordansız yapılan boyamaların “L” değerleri sırasıyla 57.57, 67.16, 78.99 ve 69.41 olarak tespit edilmiştir. En açık renk PAY’dan, en koyu renk ise NK’dan elde edilmiştir.

NK, FK, PAY ve HC’nın demir sülfat ile yapılan boyamaların “L” değerleri sırasıyla 49.73, 76.60, 74.83 ve 49.32 olarak tespit edilmiştir. En açık renk FK’dan, en koyu renk

ise NK'dan elde edilmiştir. PAY'dan elde edilen renk tonları diğer doğal boyalara nazaran daha açık tondadır.

Haslık Testleri: Haslık test sonuçları, ilgili boyalı kumaşların günlük hayatta kullanılabilirlikleri açısından çok önemlidir. Kumaşın kullanım yerine bağlı olarak bazı haslık değerleri önem arz etmektedir. Örneğin; branda ve perdelik gibi kumaşlarda ışık haslıkları ön plana çıkarken, günlük kıyafetlerde yıkama ve ter haslıkları önem kazanmaktadır.

Deneme çalışmalarında, tüm boyama işlemlerinden sonra kumaşların yıkama, sürtme, ter ve ışık haslıkları test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili boyaların endüstriyel amaçlı kullanılabilirlikleri açısından önemlidir.

Geleneksel boyama yöntemleri ile yapılan doğal boyamalar sonunda yıkama, sürtme ve ter haslıkları açısından elde edilen haslık test değerleri genel olarak 4-5 puan aralığında değişmektedir. Çalışmadan elde edilen değerler incelenecek olursa,

Yıkama Haslık Sonuçları: NK, FK, PAY ve HC ile mordansız yapılan boyama sonunda yıkama haslıkları 4/5-5 puan, demir sülfat ile yapılan boyama sonunda 4/5-5 puan, bakır sülfat ile yapılan boyama sonunda 4/5-5 puan, dikromat ile yapılan boyama sonunda 4-5 puan, şap ile yapılan boyama sonunda 4-5 puan olarak tespit edilmiştir.

Sürtme Haslık Sonuçları: NK, FK, PAY ve HC ile mordansız yapılan boyama sonunda sürtme haslıkları 3-4/5 puan, demir sülfat ile yapılan boyama sonunda 3/4-5 puan, bakır sülfat, dikromat ve şap ile yapılan boyama sonunda 3-5 puan olarak tespit edilmiştir.

Ter Haslık Sonuçları: NK, FK, PAY ve HC ile mordansız yapılan boyama sonunda ter haslıkları 4-5 puan, demir sülfat, bakır sülfat ve dikromat ile yapılan boyama sonunda 4-4/5 puan, şap ile yapılan boyama sonunda 4-5 puan olarak tespit edilmiştir.

Işık Haslığı Sonuçları: NK ile yapılan boyamalarda farklı mordan maddeleri için ışık haslığı 4-6 puan aralığında gerçekleşmiştir. Sonuçlar tatmin edici düzeydedir. Fakat FK ile yapılan boyamaların ışık haslıkları ise 2-3 puan aralığında tespit edilmiştir. PAY ile yapılan boyamaların ışık haslıkları demir sülfat ve şap ile boyamalarında düşük olup 2 puan olarak elde edilmiştir ve bakır sülfat ve potasyum dikromat ile yapıları boyamaların ışık haslıkları ise 4-5 puan aralığında bulunmuştur. HC bitkisi ile yapılan boyamaların farklı mordanlar ile boyanmasında ışık haslıkları 2-3 puan aralığında çıkmıştır.

Adeel *et al.*, 2009’da yaptıkları bir çalışmada NK’nun sulu ekstraktesini kullanarak pamuklu kumaşların haslık sonuçlarının genel olarak 3/4-5 aralığında gerçekleştiğini bildirmiştir [157]. Tutak ve Benli 2012’de FK’nun pamuk, yün ve viskon boyamalarındaki genel haslıklarının 3-5 puan aralığında olduğunu, ışık haslıklarının ise mordan maddesine bağlı olarak 3-4/5 aralığında olabileceğini bildirmiştir [160]. Das *et al.*, 2006’de NK’nun ipek ve yün boyamalarındaki ışık haslıklarının 3-4 puan aralığında tespit edildiğini bildirmiştir [176]. Zarkogianni *et al.*, 2010’da HC kullanılarak pamuklu ve yünlü kumaşları boyanması sonucu elde edilen genel haslık değerlerinin mordan maddesine bağlı olarak 3-5 puan ışık haslığının ise 2-4 puan aralığında olabileceğini bildirmişlerdir [177]. Benli ve Bahtiyari 2012’de PAY ile viskon kumaşın boyanmasında genel haslıkların mordan maddesine bağlı olarak 3-5 puan, ışık haslığının ise 2/3-5 puan aralığında olabileceğini bildirmiştir [161]. Cristea and Vilarem, 2006’da yaptıkları çalışmada doğal boyarmaddelerin ışık haslıklarının genel olarak düşükten ortaya kadar olduklarını bildirmişlerdir [178].

Genel haslık testleri olarak literatürde verilen sonuçlar ile tez kapsamında yapılan denemeler sonunda elde edilen sonuçlar birbirine benzemektedir. Yıkama, sürtme ve ter haslıkları yeterli seviyede bulunmuştur. Denemeler içinde ışık haslığı açısından ise en tatmin edici olanı NK ile yapılan boyamalar olduğu söylenebilir.

Işık haslıklarını etkileyen bazı dahili ve harici faktörler vardır. Bunlar; boyanın kimyasal ve fiziksel yapısı, boya konsantrasyonu, boyanacak elyafın doğası ve mordan tipidir. Bilhassa, bir boyanın ışık haslık özelliklerini yapıda bulunan kromofor grupları belirler. Oksokrom grupları ise daha küçük etkilere sahiptir. Color index listesinde, tekstil materyallerinin renklendirilmesinde kullanılan doğal boyaların yaklaşık %50’si flavonoid içerikli olup, kalanlar ise antrakinonlar, naftakinonlar ve indigoidlerdir. Flavonoid içerikli doğal boyaların ışık haslıkları düşük iken, antrakinon ve indigoid esaslı doğal boyaların ışık haslıkları ise mükemmeldir. Fakat substitutie hidroksil grupların sayısı arttıkça, antrakinon boyaların ışık haslıkları düşmektedir.

Işık haslığını etkileyen dahili faktörler şunlardır;

- Kimyasal yapı olarak ışık haslığını etkileyen parametre boya molekülünün simetrisidir. Simetrik boya molekülleri, asimetrik boya moleküllerine göre daha yüksek ışık haslıkları vermektedir.

- Boyanın ışık haslığını genellikle kimyasal yapısından daha çok fiziksel durumu etkiler. Çok ince bir şekilde dispers edilmiş elyaf içindeki boya çok hızlı bir şekilde solacaktır. Büyük boya agregasyonlu elyaf daha çok ışığa, dolayısıyla boyanın küçük yüzey alanları daha çok havaya ve ışığa maruz kalacaktır.
- Boyanmış elyafın ışık haslığı genellikle boya konsantrasyonunun artmasıyla artar. Bunun ana sebebi elyaf içindeki mikroskobik boyuttaki ortalama boyanın artmasıdır.
- Işık haslığını etkileyen diğer bir özellik ise elyaf tipidir. Pamuğun doğal yapısı oksidatif (yükseltgen) bir özellik gösterir ve haslıklar genelde düşüktür, fakat yünün doğal yapısı itibariyle indirgen özellik gösterir ve yüksek haslık değerlerine sahiptir.

Mordan ve mordanlama yöntemi de ışık haslığını etkileyen faktörlerden bir diğeridir. Farklı metaller farklı boya kompleksleri oluştururlar ve ışığa karşı stabiliteleri de farklıdır. Çünkü metal, boyanın fotokimyasal katalitik bozulması üzerine pozitif veya negatif olarak etkiler. Kalay ve şap mordanı kullanılarak yapılan boyamaların ışık haslıkları, krom, demir ve bakır mordanı kullanılarak yapılan boyamaların ışık haslıklarından daha düşüktür [178].

Işık haslığını etkileyen harici faktörler ise şunlardır;

Işık kaynağı ve yoğunluğu, ortam sıcaklığı ve nem, atmosferik kirlilik.

- Işık kaynağı fotosolma (photofading) prosesi boyunca çok önemlidir; solan boyalar esas olarak görünür bölge ışığı (visible radiation) tarafından soldurulurken, ışık haslığı yüksek boyaları solduran UV ışıdır (UV radiation). Özellikle sarı ve oranj gibi yüksek ışık haslıklı boyalarda solma işleminde UV ışığı önemli bir faktördür. UV filtreler kullanılarak doğal boyalar korunabilir.
- Hem sıcaklık hem de nem boyalı tekstil materyallerinin solma oranını etkiler. Relatif nem oranının %65'den %45'e kadar düşmesinin solmaya bir etkisi olmazken %25'e kadar düşmesi solmada önemli bir azalmaya neden olmuştur.
- Kükürt dioksit, azot oksit ve ozon gibi atmosferik kirleticilerin, yetersiz ışık bile olsa boyalarla reaksiyon kabiliyeti bilinmektedir.

- Renklendirici dışındaki bazı maddeler elyaf üzerinde bulunabilir ve haslık özelliklerini etkileyebilir. İpekte bulunan zambak veya pamukta bulunan nişasta gibi maddeler solma prosesini hızlandırabilir.

Işık haslığını yükseltebilecek çalışmalar şunlardır;

Boyalı kumaşların ışık haslıklarını geliştirebilmek için UV absorblayıcılar ve antioksidan maddeler kullanılabilir. UV absorblayıcılar kullanılarak polimerik materyallerin UV gün ışığı ve suni ışık tarafından fotobozulması (photodegradation) önlenir. Bu absorblayıcılar UV ışığını absorblar ve yeniden flüoresan veya kızıl ötesi radyasyon olarak yayabilir. Fotobozulmaya neden olan uyarılmış molekülün enerji termal enerji olarak serbest bırakılır.

UV absorblayıcılar şu karakteristikte olmalıdırlar;

- 290 nm - 400 nm arasındaki ışığı yüksek oranda absorblayabilmeli,
- Uzun süreli ışığa maruz kalsa bile stabilitesini koruyabilmeli,
- Optimumu tarama aktivitesi için moleküler bir dağılım göstermeli,
- Kimyasal olarak diğer maddelere karşı inert bir özellik göstermelidir.

UV absorblayıcılar iki şekilde kullanılabilir. Ya UV absorblayıcı direkt olarak elyafa veya ışık kaynağına karşı UV filtreleme materyalleri kullanılabilir.

2-hidroksibenzofenon türevleri, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-fenoller, fenil esterler, substitue sinamik asit ve nikel jelatin içeren UV absorblayıcılar ticari olarak kullanılmaktadır.

Antioksidan maddelerin kullanılması ise ışık haslığını artırabilecek diğer bir yöntemdir. Antioksidanlar oksidasyonu azaltan organik bileşikler olarak adlandırılmaktadır. Antioksidan etki gösteren az sayıda kimyasal vardır. Günümüzde yaygın olarak fenoller, sekonder aromatik aminler, kükürt esterler, üç değerlikli fosfor bileşikler, aminler, metal ditiyokarbamatlar ve metal ditiyofosfatlar kullanılmaktadır. Radikal esaslı antioksidanlar galik asit ve esterleri, tokoferoller ve bazı bitkisel polifenoller (quersetin, myresetin, vanilik asit, kafeik asit, ferulik asit vb.), sinerjik etkili antioksidanlar ise askorbik asit (C vitamini), metal jelatin esaslı olarak sitrik asit, laktik asit ve lesitindir [178]

Haslık test sonuçları yukarıda belirtilen bazı ışık haslıkları hariç bütün boyarmadde kaynakları ve mordan maddeleri açısından kabul edilebilir sınırlar içindedir. Geleneksel

yöntemler ile yapılan bu boyamalar sonunda elde edilen renk verimleri ve haslık test sonuçları, bundan sonra oluşturulacak çevre dostu yöntemler ve boyamaları sonunda elde edilen haslık test sonuçları ile karşılaştırılmalarında kullanılacaktır.

Geleneksel Ön Terbiye İşlemi ve Doğal Boya Ekstraktesi İle Boyama

Çalışmanın bu kısmında doğal boyaların ekstrakte edilmek suretiyle deneme kumaşların boyanması ve renk verimlerinin analiz edilmesi araştırılmıştır. Çalışmalardan elde edilen renk tonları direkt boyamaya göre daha mat ve donuktur. Bu durumun en önemli sebebi olarak, uzun süre ekstrakte olan boyarmaddenin içerisinde bulunan bazı kimyasal yapıların ısı ve zamanla bozulmasıyla renk verimlerinin düşmesi olduğu düşünülmektedir.

Boyalar ekstrakte edilmeden yapılan mordansız boyamalardan elde edilen sonuçlar ile ekstrakte edildikten sonra yapılan boyamaların renk tonları arasında çok önemli bir renk farkına rastlanılmamasına rağmen küçük nüanslar mevcuttur. CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) koordinatları ve renk haslık değerleri açısından da benzer sonuçlar elde edilmiştir. NK haki yeşil (a^* ve b^* değerleri 3,37 ve 20,23), FK açık pembe (a^* ve b^* değerleri 6,48 ve 7,15), PAY bej (a^* ve b^* değerleri 0,73 ve 11,61) ve HC ise açık gri (a^* ve b^* değerleri 2,96 ve 9,13) renkler vermiştir.

Her iki çalışma yöntemi birlikte değerlendirilecek olursa, Endüstriyel amaçlı çalışmalarda doğal boyarmadde hem direkt olarak hem de ekstraktesi elde edilerek boyamalar yapılabilir. Mordan kullanılmaması durumunda renk tonları ve haslık değerleri fazla değişmemektedir.

Direkt boyama yöntemi işletmeler için pratik bir çalışma metodu olarak önerilmektedir. Ancak, direkt boyamalar yapılırken kumaşın abraj olma riski göz önünde bulundurulmalıdır. Boya bitkileri kumaş üzerinde bir bölgede boyama süresince bir kalıntı yapar ise abraj meydana gelmektedir. Bunu önleyici tedbirler alınabilir. Kumaş ve/veya banyo boyama süresinde devamlı hareket halinde olabilir veya bitkilerin boya banyosuna gelişigüzel dağılması önlenabilir. Boya filtreleme sistemi kullanılabilir. Boya bitkisi çok iyi bir şekilde öğütülebilir. Ekstrakte olarak boyalar hazırlanacak ise uygun bir ekstraksiyon düzeneği hazırlanmalıdır. Kısa süreli ekstraksiyon işlemi önerilebilir. Ekstrakte elde etmek için belli miktarda enerji harcanmalıdır. Enerji, boya ekstraktesinden geriye kalan bitki atıkları yakılmak suretiyle elde edilebilir.

Pamuklu Kumaşların Geleneksel Doğal Boyama Yöntemleri ile Renklendirilmesinde Ozon Gazının Kullanımı

Doğal Boya-Ozon Gazı Kombinasyonu

Bu çalışmanın amacı; doğal boyarmaddelerin renk tonlarını mordan maddesi kullanmadan ozon gazı kullanılarak değiştirilebilmesini sağlamaktır. Bölüm 3’de detaylı bir şekilde açıklandığı gibi doğal boyalı kumaş üzerine üç farklı ozon gazı uygulaması ve bir kontrol grubu numune çalışması gerçekleştirilmiştir. 1. uygulama şahit çalışma olup geleneksel boyama ve son işlem yapılmıştır. 2. uygulamada ise boyama ve yıkama işlemi tamamlanan kumaşa 10 dk. ozon gazı verilmiştir. 3. uygulamada ise kumaş boyandıktan sonra yıkanmadan içinden ozon gazı geçirilen suda çalışılmıştır. 4. uygulamada ise boyama işlemi tamamlandıktan sonra boya banyosuna 10 dk. ozon gazı verilmiştir.

Havacıva Bitkisi Renk Tonları CIE LAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Özgökçe ve Yılmaz 2003’de yaptığı çalışmada havacıva otu ile pamuklu kumaşların boyanması sonucu mordan maddesinin tipine göre kırmızı tonları, açık yeşil, tütün rengi kahve boyamaların elde edilebileceğini bildirmiştir [179].

Mordansız Boyama: Mordan maddesi kullanılmadan havacıva bitkisi ile yapılan boyamalarda farklı ozon gazı uygulamaları sonunda mavi nüanslı renk gamı elde edilmiştir. Renk tonu gri-açık mavi arasında renkler değişmekle birlikte bir miktar kızıla da kaçmaktadır. b^* değerleri incelenecek olursa dört farklı çalışma için -9.17, -6.73, -8.37 ve -8.24 ve a^* değerleri incelenecek olursa da -0.89, -0.14, -0.67 ve -0.92 elde edilmiş olup bunlar mavi nüansları belirtmektedir.

K/S değeri açısından da farklılıklara rastlanmaktadır. Mordansız olarak yapılan boyamalarda renk verimleri 2 civarında olup değerler birbirilerine oldukça yakındır. Boyamalar açıklık-koyuluk açısından değerlendirilecek olursa L^* değerleri tüm çalışmalar için 50 puan bandında gerçekleşmiştir.

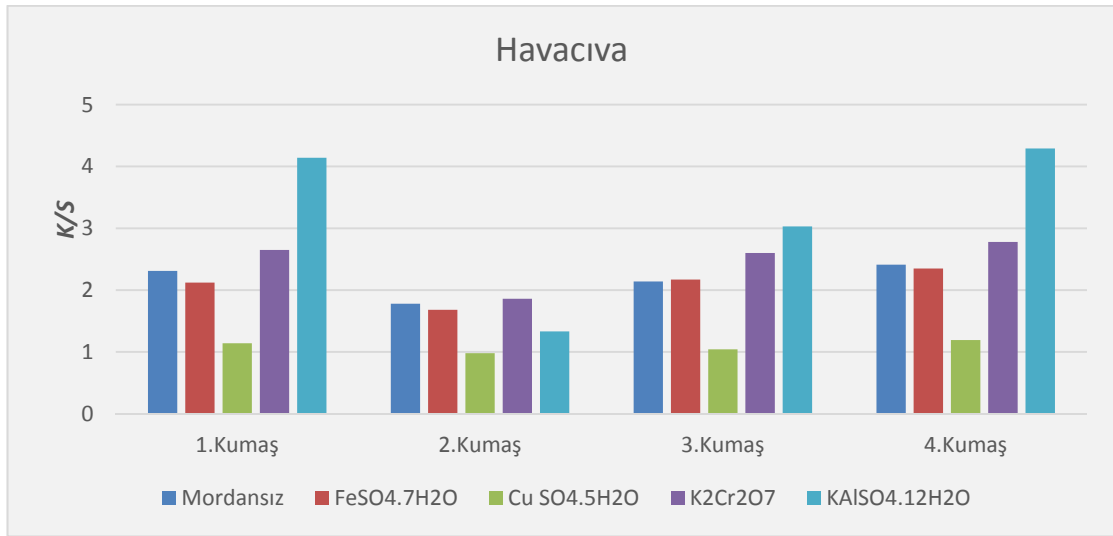
Demir Sülfat: Birlikte mordanlanan numuneler havacıva bitkisi ile boyanması sonucu farklı ozon gazı uygulamalarına göre açık çağla yeşili-gri renk tonları elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri -0.04, -0.14, -0.28 ve -0.07 ve b^* değerleri ise -1.53, 0.09, -2.28 ve -1.28 dir. Bunlarda bize renklerin yeşil-gri bölge etrafında

seyrettiğini göstermektedir. K/S değerleri ise 2 bandında seyretmektedir. L* değeri ise 50 bandında seyretmiştir. Orta koyulukta bir renk gamına sahip oldukları söylenebilir.

Bakır Sülfat: Mordan maddesi olarak bakır sülfat kullanılması durumunda farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre devetüyü-bej-sarı tonlarında renkler elde edilmiştir. a* ve b* değerleri incelenecek olursa; a* değerleri 4.36, 3.76, 4.58 ve 4.21, ve b* değerleri 7.37, 7.17, 7.48 ve 7.72 dir. Bunlarda bize renklerin sarı-bej bölgesinde seyrettiğini göstermektedir. K/S değerleri demir tuzuna göre düşüş göstermiş olup 1 civarında seyretmektedir. L* değeri ise 65 bandındadır. Ton bir miktar daha açılmıştır.

Potasyum dikromat: Mordan maddesi olarak potasyum dikromat kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre gri tonlarında renkler elde edilmiştir. a* ve b* değerleri incelenecek olursa; a* değerleri -2.07, -1.45, -1.68 ve -1.45, ve b* değerleri -4.93, -3.67, -5.31 ve -5.43 dür. Bunlarda bize renklerin gri-açık mavi bölgesinde seyrettiğini göstermektedir. K/S değerleri demir ve bakır tuzuna göre daha yüksek olup 2.6 civarında seyretmektedir. Ancak 2 nolu çalışma değeri 1.86 dır. L* değeri ise 46 bandındadır. Ton bir miktar koyulaşmıştır.

Şap: Mordan maddesi olarak şap kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre lila-mor tonlarında renkler elde edilmiştir. a* ve b* değerleri incelenecek olursa; a* değerleri 13.79, 5.72, 11.58 ve 13.51, ve b* değerleri -16.55, -8.38, -14.63 ve -16.43 dür. Bunlarda bize renklerin mavi-kırmızın bölgesinde seyrettiğini ve mor renk tonlarını göstermektedir. En yüksek K/S değerleri bu çalışmadan elde edilmiştir. 2 nolu çalışma ise 1.33, 3 nolu çalışma 3.03 ve diğer çalışma ise 4.29 dür. L* değeri ise 1 ve 4 nolu çalışmalar 46, diğerleri ise 50-60 bandındadır.



Şekil 4. 7. Havacıva ile boyalı kumaşların K/S değerleri karşılaştırması

HC bitkisinin farklı ozon ve mordan kombinasyonları sonunda; mavi-gri-bej-mor renklerin elde edilebileceği gösterilmiştir. Çalışmada en yüksek renk verimini sahip HC-Şap-4, en düşük renk verimine sahip HC-Bakır-2 dır.

Nar Kabuğu Renk Tonları CIE LAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Literatürde nar kabuğunun boyarmadde olarak kullanılması hususunda çok sayıda çalışmaya rastlanılmaktadır. Bu çalışmaların tamamında; kullanılan mordan maddesine bağlı olarak kahverengi, haki, yeşil, siyah gibi çeşitli renk tonlarında tekstil materyallerinin boyanabileceklerini bildirmişlerdir.

Mordansız Boyama: Mordan maddesi kullanılmadan NK ile yapılan boyamalarda farklı ozon gazı uygulamaları sonunda bej-açık kahve nüanslı renk gamı elde edilmiştir. a^* değerleri incelenecek olursa dört farklı çalışma için 2.70, 2.37, 306 ve 2.33 ve b^* değerleri incelenecek olursa da 18.15, 17.17, 20.53 ve 17.58 dir. Bunlar bej-sarı nüansları belirtmektedir.

K/S değeri açısından da farklılıklara rastlanmaktadır. Mordansız olarak yapılan boyamalarda renk verimleri 3 nolu çalışma değeri en yüksek olup 2.50 dir. Boyamalar açıklık-koyuluk açısından değerlendirilecek olursa L^* değerleri tüm çalışmalar için 70 puan bandında gerçekleşmiştir. Açık renk tonlarına sahip oldukları söylenebilir.

Demir Sülfat: Birlikte mordanlanan numuneler NK ile boyanması sonucu farklı ozon gazı uygulamalarına göre açık acı kahve renk tonları elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri 2.76, 1.32, 3.34 ve 3.16 ve b^* değerleri ise 8.98, 7.04, 11.63 ve 10.95 dir. Bunlarda bize renklerin kahverengi bölge etrafında seyrettiğini göstermektedir.

En yüksek K/S değeri 7.02 ile NK-demir-3 çalışmasıdır. L^* değeri ise 50 bandında seyretmiştir. Orta koyulukta bir renk gamına sahip oldukları söylenebilir.

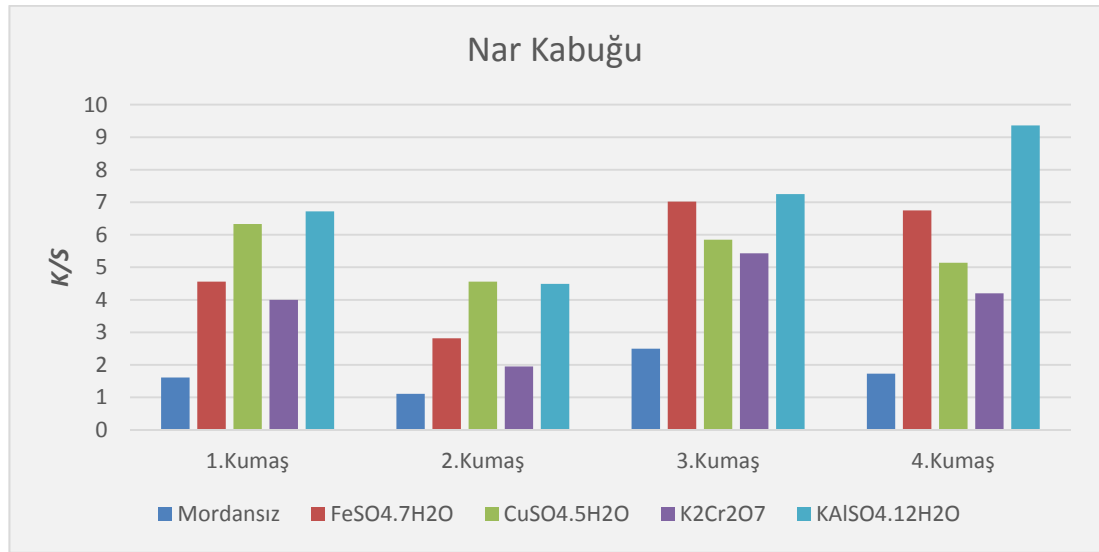
Bakır Sülfat: Mordan maddesi olarak bakır sülfat kullanılması durumunda farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre haki-açık yeşil-bej tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri 2.95, 2.65, 2.61 ve 1.98 ve b^* değerleri 29.24, 27.41, 29.10 ve 27.93 dür. Bunlarda bize renklerin haki-sarı-bej bölgesinde seyrettiğini göstermektedir.

En yüksek K/S değeri 6.33 ile NK-bakır-1 çalışmasıdır. L^* değeri ise 63 bandındadır. Ton bir miktar daha açılmıştır.

Potasyum dikromat: Mordan maddesi olarak kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre haki-kahve tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri 2.80, 1.44, 3.46 ve 2.86 ve b^* değerleri 32.33, 27.33, 33.71 ve 32.05 dir. Bunlarda bize renklerin haki-kahve bölgesinde seyrettiğini göstermektedir.

K/S değerleri demir ve bakır tuzuna göre daha düşük olup 4 civarında seyretmektedir. Ancak 2 nolu çalışma değeri 1.95 dir. L^* değeri ise 65 bandındadır. Ton bir miktar açıktır.

Şap: Mordan maddesi olarak şap kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre haki-kahve tonlarında renkler elde edilmiştir. Potasyum dikromat ile yapılan çalışma sonunda elde edilen verilere ve renk tonlarına benzemektedir.



Şekil 4. 8. Nar kabuğu ile boyalı kumaşların K/S değerleri karşılaştırması

Genel eğilime bakılacak olursa; 2 nolu çalışmanın renk verimleri ve tonları düşüktür. Bunun en önemli sebebi boyama ve yıkama işlemlerinden sonra yapılan ozon gazı uygulamasının oksidasyon etkisiyle bir miktar renk veriminin zayıflamış olabileceği düşünülmektedir. Grup içerisinde K/S değeri en yüksek olacak şekilde sıralanacak olursa; Şap > demir > bakır > dikromat > mordansız elde edilir. Buradan metal tuzlarının genel olarak renk verimini artırdığı söylenebilir.

Fındıkkabuğu Renk Tonları CIE LAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Fındıkkabuğu boyarmadde olarak kullanılabilmesi hakkındaki ilk verileri Tutak ve Benli 2012’de açıklamış ve kullanılan mordan maddesine bağlı olarak kahverengi, bej, haki, açık pembe gibi renk tonlarında tekstil materyallerinin boyanabileceğini bildirmiştir [160].

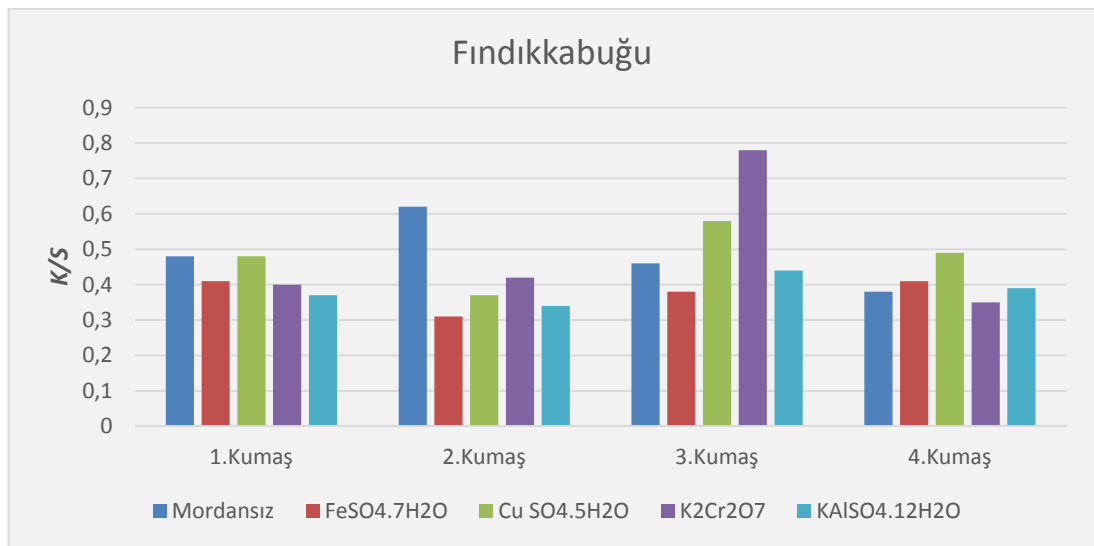
Mordansız Boyama: Mordan maddesi kullanılmadan FK ile yapılan boyamalarda farklı ozon gazı uygulamaları sonunda bej-açık kahve-açık gri nüanslı bir renk gamı elde edilmiştir. a^* değerleri incelenecek olursa 3.71, 4.76, 3.78 ve 3.23 ve b^* değerleri incelenecek olursa da 8.91, 10.85, 8.32 ve 8.01 dir. Bunlar bej-sarı-açık kahve nüansları belirtmektedir. K/S değeri açısından da farklılıklara rastlanmaktadır. Mordansız olarak yapılan boyamalarda renk verimleri 0.4 civarında seyretmiştir. Boyamalar açıklık-

koyuluk açısından değerlendirilecek olursa L^* değerleri 80'lere kadar ulaşmış olup oldukça açık renkler elde edilmiştir.

Demir Sülfat: Birlikte mordanlanan numuneler FK ile boyanması sonucu farklı ozon gazı uygulamalarına göre gri-açık yeşil renk tonları elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri 1.07, 0.51, 1.14 ve 1.01 ve b^* değerleri ise 4.74, 5.56, 4.67 ve 4.24'dür. Bunlarda bize renklerin gri-bej bölgesinde seyrettiğini göstermektedir. K/S değerleri ise 0.5 civarında seyretmektedir. L^* değeri de 80 bandında seyretmiştir. Orta koyulukta bir renk gamına sahip oldukları söylenebilir.

Bakır Sülfat: Mordan maddesi olarak bakır sülfat kullanılması durumunda farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre açık kahve-açık yeşil-bej tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri 2.69, 2.16, 3.28 ve 2.56 ve b^* değerleri 8.81, 9.26, 8.95 ve 9.12'dir. Bunlarda bize renklerin açık kahve-açık sarı-bej bölgesinde seyrettiğini göstermektedir. K/S değeri 0.5 civarında seyretmektedir. L^* değeri ise 81 puana kadar yükselerek renk tonları açılmıştır.

Potasyum dikromat ve Şap: Mordan maddesi olarak kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre bej-haki-kahve tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* ; K/S ve L^* değerleri incelendiğinde demir ve bakır sülfat kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçlarına çok yakın çıkmıştır.



Şekil 4. 9. Fındikkabuğu ile boyanan kumaşın K/S değerleri karşılaştırması

Genel eğilime bakılacak olursa; elde edilen sonuçlar çok enteresandır. Mordan maddesi kullanılarak elde edilen farklı renk tonları, mordansız ancak farklı ozon gazı uygulamalarından elde edilebilmektedir. Ayrıca, tüm çalışma için çok geniş bir renk paleti elde edilmiş durumda. Benzer bazı renk tonları farklı yol ve yöntemlerle elde edilebileceği gösterilmiştir. Buda fabrikasyon aşamasında üreticinin işini kolaylaştıran bir işlem olacaktır. Aynı zamanda renk verimleri ve tonları da birbirine çok yakın çıkmıştır.

Portakal Ağacı Yaprığı Renk Tonları CIE LAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Portakal ağacı yaprağının boyarmadde olarak kullanılabileceğini ilk olarak Benli ve Bahtiyari 2012’de viskon kumaşlarda yapmış oldukları çalışmada göstermişlerdir. Bu bağlamda kumaşlar yeşil, bej, haki gibi renk tonlarını elde etmişlerdir [161].

Mordansız Boyama: Mordan maddesi kullanılmadan PAY ile yapılan boyamalarda farklı ozon gazı uygulamaları sonunda açık yeşil, küf yeşili ve haki nüanslı bir renk gamı elde edilmiştir. a^* değerleri incelenecek olursa -2.17, -1.08, -1.89 ve -1.89 ve b^* değerleri incelenecek olursa da 15.73, 9.49, 15.81 ve 15.04 dür. Bunlar açık yeşil-haki nüansları belirtmektedir. K/S değeri açısından da farklılıklara rastlanmaktadır. Mordansız olarak yapılan boyamalarda renk verimleri 0.7’ler civarında seyretmiştir. Boyamalar açıklık-koyuluk açısından değerlendirilecek olursa L^* değerleri 80’lere kadar ulaşmış olup oldukça açık renkler elde edilmiştir.

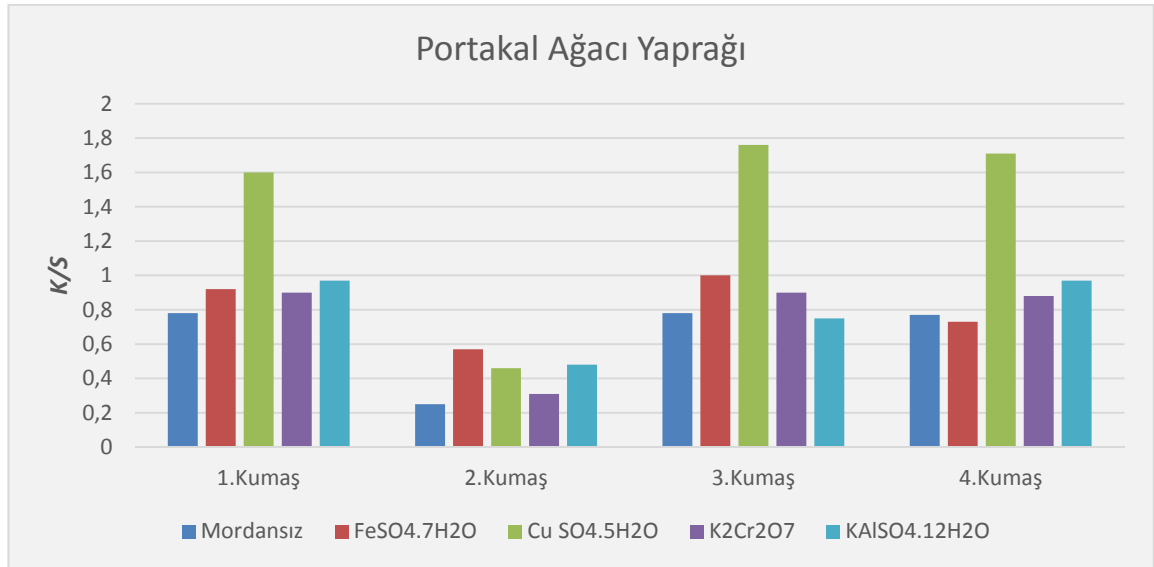
Demir Sülfat: Birlikte mordanlanan numuneler PAY ile boyanması sonucu farklı ozon gazı uygulamalarına göre yeşil renk tonları elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri -0.89, -0.54, -1.45 ve -1.47 ve b^* değerleri ise 14.11, 12.97, 14.85 ve 13.79 dur. Bunlarda bize renklerin koyu yeşil bölgede seyrettiğini göstermektedir. K/S değerleri ise 0.9 civarında seyretmektedir. L^* değeri de 75 bandında seyretmiştir. Orta koyulukta bir renk gamına sahip oldukları söylenebilir.

Bakır Sülfat: Mordan maddesi olarak bakır sülfat kullanılması durumunda farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre yeşil tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* değerleri incelenecek olursa; a^* değerleri -3.13, -2.56, -2.46 ve -2.11 ve b^* değerleri 30.64, 15.26, 31.55 ve 31.27 dir. Bunlarda bize renklerin açık yeşil bölgede seyrettiğini göstermektedir.

K/S değeri 1.65 civarında seyretmektedir. L^* değeri ise 75 puana kadar yükselerek renk tonları açılmıştır.

Potasyum dikromat ve Şap: Mordan maddesi olarak kullanılması durumunda ise farklı ozon gazı uygulama sonuçlarına göre açık yeşil tonlarında renkler elde edilmiştir. a^* ve b^* ; K/S ve L^* değerleri incelendiğinde demir ve bakır sülfat kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçlarına çok yakın çıkmıştır.

Genel eğilime bakılacak olursa; elde edilen sonuçlar çok dikkat çekicidir. Mordan maddesi kullanılarak elde edilen farklı renk tonları, mordansız ancak farklı ozon gazı uygulamalarından elde edilebilmektedir. Ayrıca, tüm çalışma için yeşil rengin elde edilmesinde çok geniş bir renk paleti sunmaktadır. Benzer bazı renk tonları farklı yol ve yöntemlerle elde edilebileceği gösterilmiştir. Buda fabrikasyon aşamasında üreticinin işini kolaylaştıran bir işlem olacaktır.



Şekil 4. 10. Portakal ağacı yapağı ile boyanan kumaşın K/S değerleri karşılaştırması

Genel olarak değerlendirilecek olursa; portakal ağacı yapağı ile yapılan boyamalarda farklı ozon gazı uygulamaları sonunda yeşil tonlarda renkler elde edilebileceği görülmüştür.

Haslık Test Sonuçları

Yıkama Haslık Sonuçları: Dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak ve dört farklı ozon gazı ile son işlem yapılan boyalı kumaşların yıkama çözeltisine karşı gösterdiği davranış incelendiğinde, lekeleme ve renk değişimleri açısından haslık değerlerinin 3-5 puan aralığında olduğu tespit edilmiştir. Mordan maddesinin değişmesi ve farklı ozon gazı uygulamasının yıkama haslıkları üzerine olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Sonuçlar tatmin edici düzeydedir.

Sürtme Haslık Sonuçları: Dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak ve farklı ozon gazı ile son işlem yapılan boyalı kumaşların kaş ve kuru olmak üzere sürtmeye karşı gösterdiği davranışlar incelendiğinde haslık değerlerinin 4-5 puan aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Mordan maddesinin değişmesi ve farklı ozon gazı uygulamasının yıkama haslığı üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Sonuçlar tatmin edici düzeydedir.

Ter Haslık Sonuçları: Dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak ve farklı ozon gazı ile son işlem yapılan boyalı kumaşların asidik ve bazik olmak üzere suni ter çözeltisine karşı gösterdiği davranışlar incelendiğinde haslık değerlerinin 4-5 puan aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Mordan maddesinin değişmesi ve farklı ozon gazı uygulamasının ter haslığı üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Sonuçlar tatmin edici düzeydedir.

Işık Haslığı Sonuçları: Dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılarak ve farklı ozon gazı ile son işlem yapılan boyalı kumaşların suni ışığa karşı gösterdiği davranışları açısından çok farklı değerler elde edilmiştir.

HC bitkisi kullanılarak yapılan boyamalarda mordan kullanılmadığı zaman ışık haslıkları 1-2 puan aralığında gerçekleşirken demir, bakır sülfat, potasyum dikromat ve şap kullanılması durumunda ise sırasıyla sonuçlar; 2, 2, 3/4 ve 2/3 puan aralıklarında değişmiştir.

NK kullanılarak yapılan boyamalarda mordan kullanılmadığı zaman ışık haslıkları 5/6-6 puan aralığında gerçekleşirken demir, bakır sülfat, potasyum dikromat ve şap kullanılması durumunda ise sırasıyla sonuçlar; 5-6 puan aralıklarında değişmiştir.

FK kullanılarak yapılan boyamalarda mordan kullanılmadığı zaman ışık haslıkları 2/3-3 puan aralığında gerçekleşirken demir, bakır sülfat, potasyum dikromat ve şap kullanılması durumunda ise sırasıyla sonuçlar; 2-3 puan aralıklarında değişmiştir.

PAY kullanılarak yapılan boyamalarda mordan kullanılmadığı zaman ışık haslıkları 2/3-3 puan aralığında gerçekleşirken demir sülfat, potasyum dikromat ve şap kullanılması durumunda ise sırasıyla sonuçlar; 2-4 puan aralıklarında iken PAY-bakır sülfat kombinasyonunda ışık haslığı 5-6 puana çıkmıştır. Bu sonuç oldukça dikkat çekicidir. Bu durumun portakal ağacı yapraklarında bulunan kimyasal maddelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ozon gazı uygulamasının her hangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir.

Dört farklı boyarmadde kaynağı ile dört farklı mordan maddesi kullanılarak renklendirilen ve üç farklı ozon gazı işlemine tabi tutulan boyalı kumaş numuneleri genel haslık testleri açısından değerlendirilecek olursa; yıkama, sürtme ve ter haslıkları açısından numunelerde çok ciddi bir problem görülmemektedir. Elde edilen değerler kabul edilebilir sınırlar içindedir. Ancak ışık haslıkları açısından aynı şeyleri söylemek mümkün değildir. NK ile yapılan boyamalar dışında (PAY-bakır sülfat kombinasyonu hariç) kalan boyamalarda ışık haslığı açısından ciddi sorunlar söz konusudur. Bu sorun geleneksel doğal boyaların temel sorunlarından biridir.

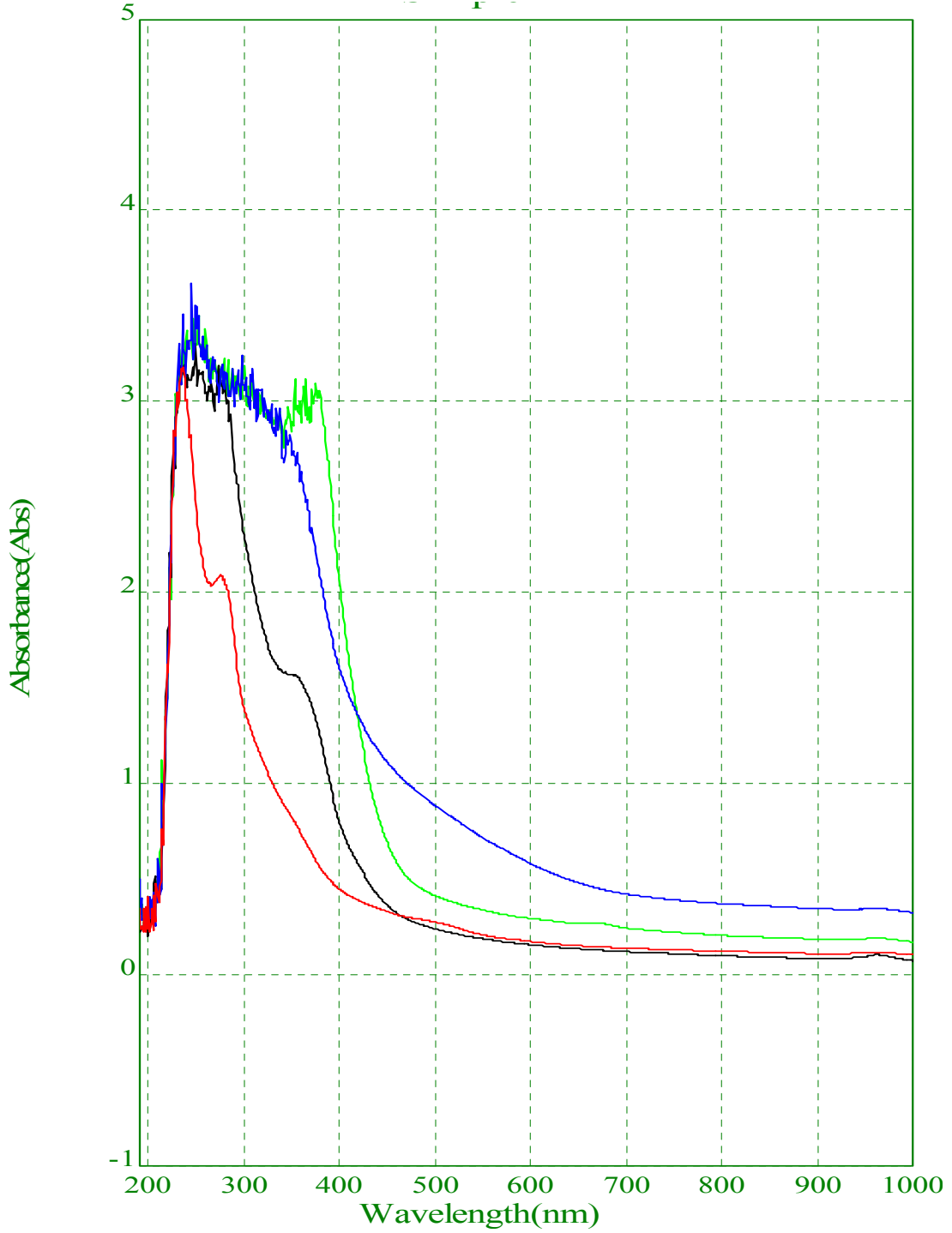
Günümüzde doğal boyaların ışık haslıklarını geliştirebilmek için bilim dünyası çalışmalarına devam etmektedir. Işık haslıklarının kötü olmasının sebebi birçok araştırmacı tarafından boyarmaddenin absorbe edilen UV bölgedeki ışık ile bozulmasına bağlandığı için bu etkiyi daha da iyi gösterebilmek için kullanılan boyarmaddelerin absorban ölçümleri alınarak analiz edilmiştir.

4.1.1. Doğal Boya Çözeltilerinin Spektrofotometrik Ölçümleri

Denemelerde kullanılan dört farklı doğal boyanın sulu çözeltileri ultrason banyo ve normal banyo ortamda 1:1 ve 1:10 olacak şekilde hazırlandıktan sonra, hazırlanarak UV vis spektrofotometrede 200 ile 1000 nm’de spektrumları elde edilmiştir. Spektrumlardan elde edilen grafikler ilgili tablolarda sunulmuştur.

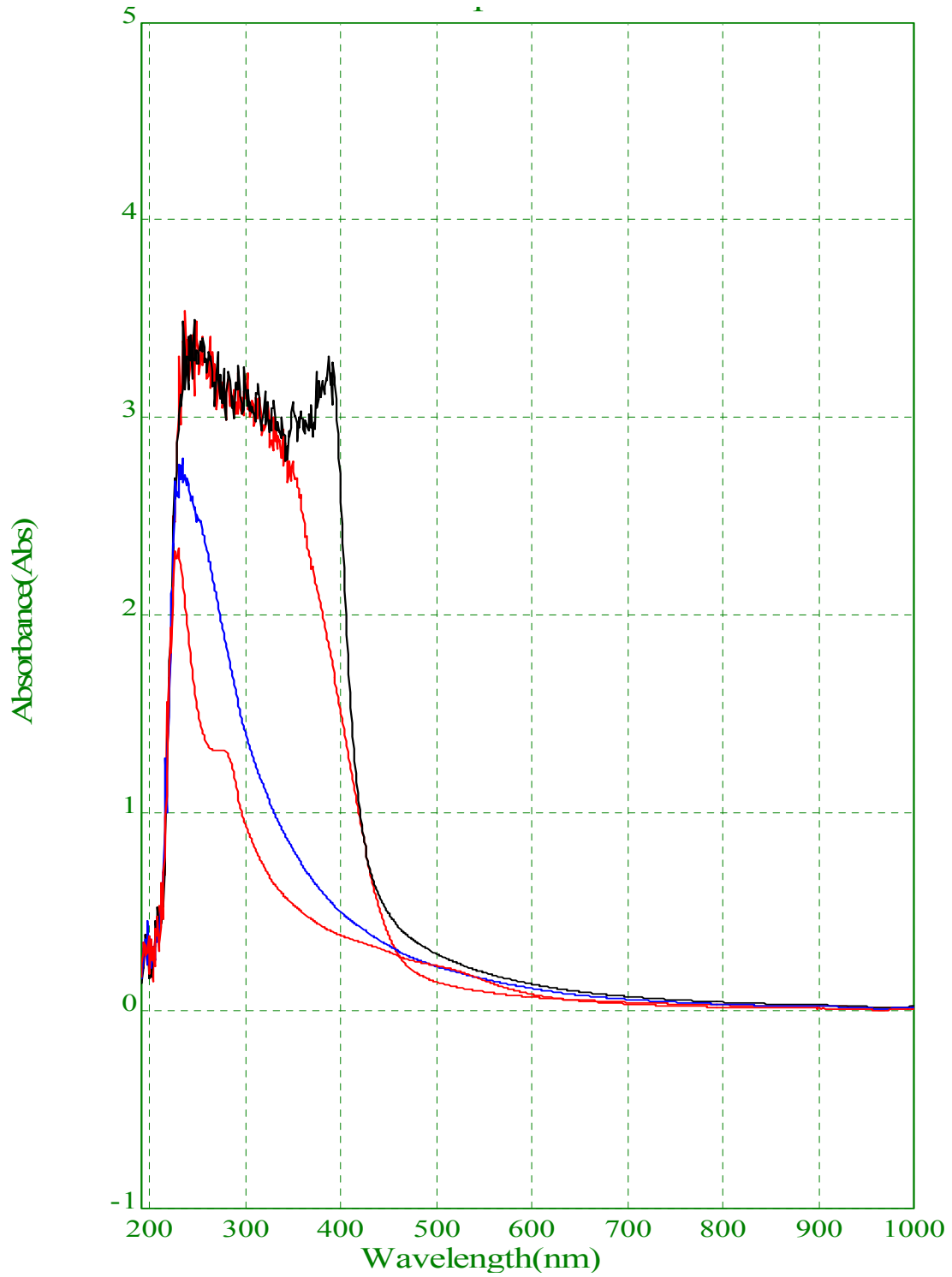
1:1 boya çözeltisi: boyama işlemlerinde kullanılan boya konsantrasyonu değiştirilmeden spektrumları çekilmiştir.

1:10 boya çözeltisi: boyama işlemlerinde kullanılan boya konsantrasyonu 10'da bir oranında suyla seyreltilerek spektrumları çekilmiştir.



Şekil 4. 11. Denemelerde kullanılan doğal boyaların sulu çözelti spektrumları (1:1)

Grafiklerde doğal boyaların ekstraktlarından elde edilen eğrilerin renkleri şu şekildedir; fındikkabığı kırmızı renkli eğri, nar kabuğu siyah renkli eğri, portakal ağacı yaprağı yeşil renkli eğri ve havacıva ise mavi renkli eğri ile temsil edilmişlerdir.



Şekil 4. 12. Denemelerde kullanılan doğal boyaların sulu çözelti spektrumları (1:10)

Yapılan denemelerde ise FK, NK, HC ve PAY'nın boya çözeltilerinin spektrofotometrik ölçüm sonuçlar Bölüm 3'de verilmiştir. Ölçümler sonucunda 200-400 nm aralığında ciddi bir hareketlenme olduğu görülmektedir. Özellikle NK, havacıva ve portakal ağacı yaprağı çözeltilerinde görünür bölgenin altında ışık absorpsiyonu mevcuttur.

Sivakumar *et al.*, 2011'de yaptığı çalışmada nar kabuğundan elde etmiş olduğu boya ekstraktelerinin 400-800 nm'deki absorbans değerleri ile tez çalışmasında elde edilen sonuçlar birbirini teyit etmektedir [158].

Gulrajani *et al.*, 1999 Havacıva bitkisinin asidik ortamdaki görünür bölge spektroskopisinde 520-525 nm dalga boyunda maksimum absorpsiyon görüldüğü, fakat bazik ortamda ise 570 nm'ye dönüştüğü ve 610-615 nm'de başka bir pik oluştuğu bildirilmiştir [118, 180].

Doğal boyaların sulu çözeltileri UV-Vis spektral taramalarıyla hem UV bölgede hem de görünür bölgede (190-700 nm) farklı dalga boylarında ayırıcı piklere sahip absorpsiyonları mevcuttur. Görünür bölgedeki pikler ana rengin ve absorpsiyonun belirteci olarak kabul edilebilir. UV bölgedeki pikler UV ışığı altında boyanın özelliklerini gösterir ki buda renk haslıkları ile bir korelasyon içindedir. UV Vis spektroskopi çalışmaları birçok bilim adamı tarafından yapılmaktadır [181]. UV absorblayıcılar kullanılarak düşük ışık haslık derecesine sahip doğal boyarmaddelerin ışık haslıklarının yükseltilebileceği bir takım bilim adamları tarafından açıklanmaktadır.

4.1.2. Atık Ozon Gazının Atık Boya Banyosu Rengine Etkisi

Bu tez çalışmasının temel amaçlarından biriside çevreye zarar vermeden terbiye işlemlerini gerçekleştirebilmektir. Yapılan doğal boya-mordan-ozon gazı kombinasyonu sonucu ozonlama işlemi sonunda sistemde atık duruma düşen ozon gazının direkt olarak çevreye verilmeden değerlendirilmesi incelenmiştir.

Bu amaçla; yine boya banyolarının kendi atıkları olan renkli boya çözeltisinin kanala verilmeden renklerinin giderilmesi üzerine çalışılmıştır. Atık ozon gazı çalışma süresi boyunca atık renkli boya çözeltisi içine verilmek suretiyle renkleri giderilmiş ve/veya daha açık renkte kanala verilebilir hale getirilmiştir.

3.bölümdeki ilgili şekiller de mordansız ve/veya ilgili mordan maddeleri bulunan atık çözeltilerinin ozon gazı verilmeden ve daha sonra 10 dakika boyunca aynı banyoya ozon

gazı verildikten sonra alınan numunelerin fotoğrafları çekilerek görsel olarak atık boya banyolarının renkleri değerlendirilmiştir.

Havacıva:

Bu görseller içerisinde havacıva bitkisinin mordansız olarak boyanması sonunda meydana gelen atık boya banyosuna ozon gazı verildikten sonra renk tamamen uzaklaşmıştır. Banyoda boyarmaddeyi bağlayacak metal tuzu bulunmadığında ozon gazı tarafından çok kolay oksitlenmiş olabileceği düşünülmektedir. Şap kullanılarak yapılan boya banyosu ise iyi temizlenen diğer bir atık boya banyosudur. Burada da; havacıva bitkisi ile şap'ın banyo içerisinde zayıf bir bağ ile bağlanıp bu bağında ozon gazı ile parçalanarak oksitlenmiş olabileceği düşünülmektedir.

Bakır, demir sülfat ve potasyum dikromatlı atık banyolar da ise kısmi olarak temizlenme olmuştur. Boya molekülü bu metal tuzları ile banyo içerisindeki güçlü bağları nedeniyle 10 dakika süreyle uygulanan ozon gazının rengi tamamen gidermesine yeterli olmadığı düşünülmektedir. Ozon gazı uygulama süresinin artırılarak denemelerin yapılması ileriki çalışmalar için önerilmektedir.

Portakal Ağacı Yaprığı:

Portakal ağacı yaprağı ile yapılan boyaların banyolarına uygulanan ozon gazının oksidasyon etkisi yoğun bir şekilde hissedilmemiştir. Atıkların renklerinde kısmi olarak açılmalar söz konudur. Portakal ağacı yaprağında bulunan boyarmaddelerin gerek mordansız gerekse ilgili mordan maddeleri ile sıkı bir bağ yaptığı ve bu nedenle oksidasyon etkisinin sınır kaldığı düşünülmektedir.

Fındıkkabuğu:

Fındıkkabuklarından pastel tonlarda renkler elde edilmiştir. Boya banyo atıkları da oldukça açık renktedir. Ozon gazının oksidasyon etkisi bu bağlamda iyi bir şekilde hissedilmiştir. Özellikle de demir sülfat, şap mordanının kullanıldığı atık banyolarında boyarmaddeler oksitlenerek renksizleşmişlerdir.

Nar Kabuğu:

Nar kabuğunun metal tuzları ile yaptığı güçlü bağlar nedeniyle atık banyo renkleri de oldukça koyudur. Özellikle demir sülfat kullanılması durumunda renkler siyaha kadar

yaklaşmaktadır. Ozon gazının kısa süreli uygulanması sonunda atık renklerinin giderilmesinde ciddi bir sonuca ulaşamamıştır. Sınırlı kalan bu etkiyi artırabilmek için ozon gazı uygulama süresi artırılmasının uygun olacağı düşünülmelidir.

Sonuç olarak; ozon gazı uygulamalarından sonra atık durumdaki ozon gazı direkt olarak çevreye atılmamıştır. Buna ilaveten boyama işleminden sonra atık durumdaki boya çözeltileri de direkt olarak atılmamıştır. Her iki atık birlikte muamele edilerek hem ozon gazının parçalanması sağlanmış hem de boya çözeltisinin rengi giderilmiştir. Çevre dostu bir üretim yöntemi olarak tanımlanabilir. Boya çözelti renginin yeterli miktarda giderilemediği durumlarda çalışma süresi ve/veya ozon gazı konsantrasyonu daha artırılabilir. Ayrıca rengi uzaklaştırılan çözelti içerisinde ilgili mordan maddesi olduğu için, bu mordanlı banyo ile yeniden boyama işlemi gerçekleştirilebilir. Böylece çevreye atılan metal tuzları minimum düzeye indirilmiş olur. Bu çalışma ile doğal boya atıklarının renginin ozon gazı ile giderilebileceği gösterilmiş olup, ancak bu konuda daha detaylı bir çalışmanın yapılması ileriki çalışmalarda önerilmektedir.

4.1.3. Doğal Boyaların Antibakteriyel Özellikleri

Doğal boyaların çok büyük bir kısmının non-kansorejenik olduğu bilinmektedir. Buna ilaveten doğal boyalar anti fungal ve bakteri ürememesi üzerinde pozitif etkilere sahiptirler [118]. Gupta *et al.*, 2004’de yaptığı çalışmada doğal boyaların antibakteriyel özelliklerini incelemiş ve nar kabuğunun antibakteriyel [163] bir özellik gösterdiğini bildirmiştir [20]. Bu verilerin ışığı altında kullanılan doğal boya kaynakları çalışma kapsamında ayrıca antibakteriyel özellikler açısından incelenmiştir.

Tablo 3.22’de görüldüğü gibi, referans numunede başlangıç bakteri sayısı 3,6* iken hareketli ortamda 12 saat sonra bakteri sayısı 9,5’e yükselmiştir. Ancak NK, FK, PAY ve HC ile boyanmış kumaşlarda 12 saat sonra bakteri sayısı sırasıyla NK ile boyanmış kumaş üzerinde çoğalan bakteri sayısı 3,7’den 4,5’e; FK’da 3,3’den 4,8’e; PAY’da 5’den 7,1’e ve HC’de ise 2,7’den 11,0 a yükselmiştir. Yani, NK, FK ve PAY’ın boyalı kumaş üzerinde bakteri üreme hızını azaltabildiği fakat HC’nin ise böyle bir özelliğinin olmadığı söylenebilir (* x1.000.000).

Çalışılan doğal boyalar içinde E-koli bakterisine karşı nar kabuğunun en etkili doğal boya olduğu belirtilebilir.

Sonuç olarak doğal boyalı deneme kumaşların antibakteriyel özellik gösterip göstermediği ilgili doğal boyalar için araştırılmıştır. Özellikle NK ile yapılan boyamalar sonunda materyalin üzerinde bakteri üreme ve çoğalma hızı diğer boyarmadde kaynaklarına göre daha düşük kalmıştır. Bu nedenle özellikle çocuk kıyafetlerinin üretilmesinde NK ile boyanmış kumaşların kullanılması önerilmektedir.

4.1.4. Kir İticilik Tayini

Doğal boyalı kumaşların AATCC 130-1990'a göre kir iticilik testleri yapılmıştır. Burada özellikle doğal boyaların kir iticilik özellikleri araştırılmıştır. İki türlü kir için bu test yapılmıştır. Bunlar; çay ve kahve lekeleridir. 2. bölümde açıklandığı gibi çay ve kahve lekeleri hazırlanarak doğal boyalı kumaşlar üzerine uygulanmıştır. Lekeleme sonrasında yıkama işleminden sonra kumaş üzerinde kalan leke durumuna göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Bölüm 3'deki ilgili tablo'da görüldüğü üzere çay ve kahve lekeleri ile lekelenmiş doğal boyalı kumaşların kir iticilik bir özellik gösterebileceği görülmüştür.

Özellikle nar kabuğu ile boyanmış kumaş numunesinin çay ve kahve lekesi için yıkama sonrasındaki değeri 5 puan olarak tespit edilmiştir. FK, PAY ve HC bitkileri ile boyanmış numuneler için ise çay ve kahve lekelerinin yıkamalar sonrasındaki kir iticilik değerleri 3-4 puan aralığında çıkmıştır.

Elde edilen sonuçlar ile pamuklu kumaşların bahsi geçen doğal boyarmadde kaynakları ile boyandıklarında aynı zamanda kir iticilik özellik de gösterebileceği anlaşılmıştır. Ancak kumaş bünyesindeki lekeden kaynaklanabilecek izlerin bir kısmı yüzeydeki renkler tarafından kamufle edebilir. Bu da bizim görsel olarak yanılmamıza da sebep olabilir. Bu durumda göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir. Doğal boyaların kir iticilik özelliklerinin araştırılması oldukça yeni bir kavramdır. Doğal boyarmaddelerin tamamı için kir iticilik özelliklerinin araştırılması tavsiye edilmektedir.

4.1.5. Doğal Boyalı Numunelerin Parlaklık Analizi

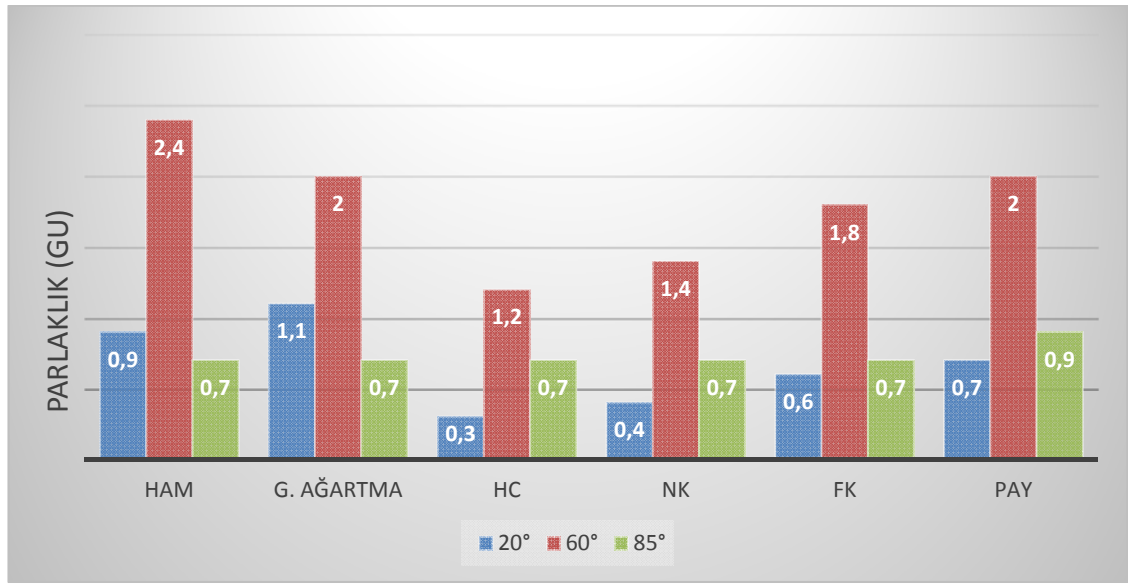
Glossmeter ile yapılan testlerde ölçüm açısına göre elde edilen 0 (sıfır) GU değeri mükemmel mat, 100 GU değeri ise mükemmel parlak değerini göstermektedir. Ölçüm yapılacak yüzeyin cinsine göre farklı açılarda ölçümler yapılabilir. [182]. Tablo 4.4'de ölçüm yapılan yüzeyin parlak derecesi ile GU arasındaki ilişki verilmektedir.

Tablo 4. 16. Açıya bağlı parlaklık aralıkları [183]

Parlaklık Aralığı	60° Değeri	Not
Yüksek parlaklık	>70 GU	Eğer ölçüm değeri 70 GU aşarsa, 20° değer ölçülür
Orta Parlaklık	10 - 70 GU	
Düşük Parlaklık	<10 GU	Eğer ölçüm değeri 10 GU den daha düşük olursa 85° değer ölçülür

Bütün renk grupları için yapılan parlaklık ölçüm sonuçlarında 60°'lik açıda yapılan ölçünlerin 20° ve 85°'deki açılardaki parlaklık değerlerinden fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebinin okuma cihazının ışık açısından kaynaklanmaktadır. Havacıva ile boyanmış numunelerde; parlaklık artışı diğer boyalara nazaran en düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Bu değer 60°'lik açıda 1.2-2.0 bandında sıralanmıştır. NK, FK, PAY ve HC ile boyanmış numunelerde; parlaklık değerleri sırasıyla 1.4, 1.8, 2.0 ve 1.2 olarak tespit edilmiştir.

NK, FK ve PAY ile yapılan boyamaların parlaklık değişimi için karşılaştırma yapılacak olursa, en düşük parlaklığa sahip olan kumaş boyarmadde kaynağı havacıva bitkisi ile boyanmış kumaş numunesi, en yüksek parlaklığa sahip boyarmadde kaynağı ise portakal ağacı yaprağı ile boyanmış kumaş numunesidir. Bu durumun sebebi olarak portakal ağacı yaprağında bulunan ve boyama esnasında kumaşa geçen farklı kimyasal maddelerin olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. 13. Farklı açılarda boyalı kumaşların parlaklık karşılaştırma eğrileri

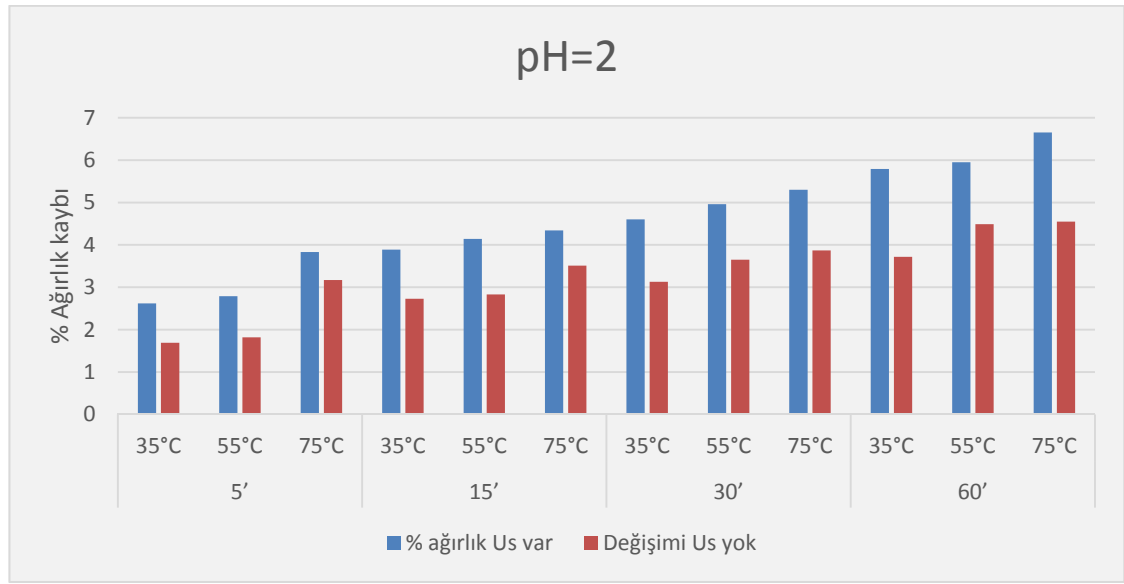
4.2. Çevre Dostu Terbiye Prosesleri

4.2.1. Ultrason Enerjinin Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi

% Ağırlık değişimi:

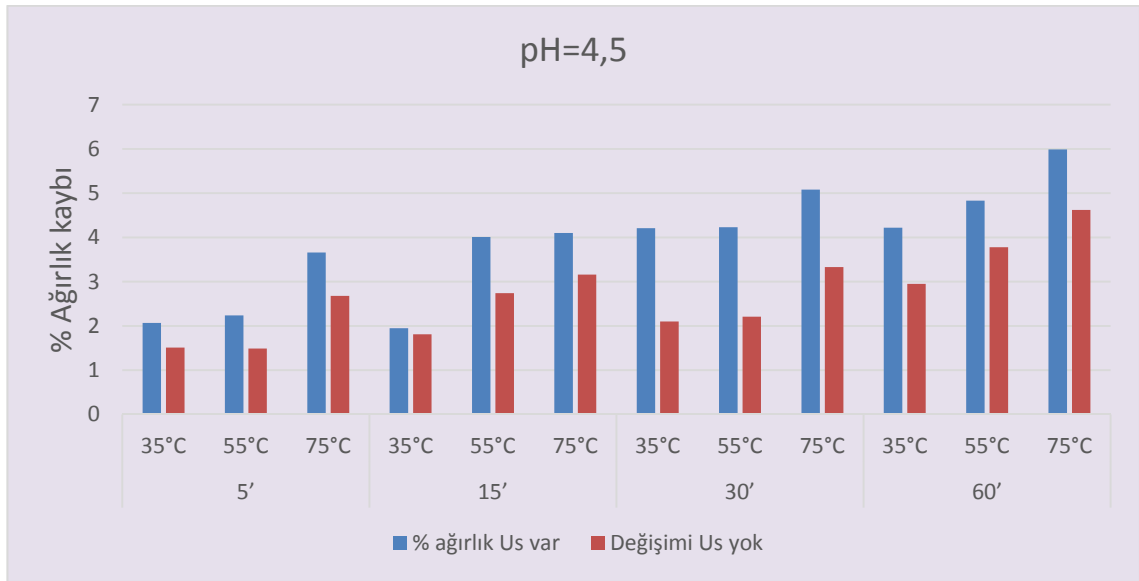
Kumaşlar yapılan deneme çalışmalarından sonra bünyesinde bulunan haşıl, yağ, vaks gibi bir takım yabancı maddeler uzaklaşmaya başlayarak ağırlıklarından kaybederler. İlgili tabloda farklı çalışma ortamlarından sonra kumaşta meydana gelen kayıplar verilmiştir.

pH=2 olması durumunda: Kumaştaki ağırlık kayıpları banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Ultrason enerji ile çalışıldığında 35°C’de 5 dakikadaki ağırlık kaybı % 2,62 iken sıcaklık 75°C’ye çıkartıldığında % 3,83’ü bulmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 1.69, 3.17 dür. Benzer şekilde Ultrason enerji ile 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ağırlık kayıpları sırasıyla % 3.89, 4.14, 4.34, 4.60, 4.96, 5.30, 5.79, 5.95 ve 6.65 dir. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 2.73, 2.83, 3.51, 3.13, 3.65, 3.87, 3.72, 4.49 ve 4.55 dir.



Şekil 4. 14. pH= 2’de ultrasonlu/ultrasonsuz farklı sıcaklık ve süre sonundaki % ağırlık kaybı

pH=4,5 olması durumunda: Kumaştaki ağırlık kayıpları banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır, ancak bu kayıp pH’ın 2 olması durumundakinden fazla değildir. Ultrason enerjisi ile çalışıldığında 35°C’de 5 dakikadaki ağırlık kaybı % 2,07 iken sıcaklık 75°C’ye çıkartıldığında % 3,66’tı bulmuştur. Oysa Ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 1.51, 2.68 dir. Benzer şekilde ultrason enerjisi ile 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ağırlık kayıpları sırasıyla % 1.95, 4.01, 4.10, 4.21, 4.23, 5.08, 4.22, 4.83 ve 5.99 dir. Oysa Ultrason enerjinin olmaması durumunda bu değerler sırasıyla % 1.81, 2.74, 3.16, 2.10, 2.21, 3.33, 2.95, 3.78 ve 4.62 dir.



Şekil 4. 15. pH= 4,5’de ultrasonlu/ultrasonsuz farklı sıcaklık ve süre sonundaki % ağırlık kaybı

pH=7 olması durumunda: Kumaştaki ağırlık kayıpları banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Kayıp oranları pH’ın 4.5 olması durumundaki değerlere benzemektedir. Ultrason enerji ile çalışıldığında 35°C’de 5 dakikadaki ağırlık kaybı % 3.07 iken sıcaklık 75°C’ye çıkartıldığında % 3,42’yi bulmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 2.13, 2.48 dir. Benzer şekilde Ultrason enerji ile 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ağırlık kayıpları sırasıyla % 3.22, 3.43, 3.67, 4.00, 4.87, 5.80, 5.29, 5.95 ve 5.92 dir. Oysa Ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 2.12, 2.40, 2.94, 2.43, 3.35, 4.26, 3.83, 4.34 ve 4.56 dir.

pH=9.5 olması durumunda: Kumaştaki ağırlık kayıpları banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Ultrason enerji ile çalışıldığında 35°C’de 5 dakikadaki ağırlık kaybı % 3.16 iken sıcaklık 75°C’ye çıkartıldığında % 3,81’ü bulmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 2.50, 3.47 dir. Benzer şekilde ultrason enerji ile 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ağırlık kayıpları sırasıyla % 3.38, 3.37, 3.85, 3.88, 4.25, 4.98, 4.34, 4.82 ve 5.01 dir. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 3.14, 3.31, 3.48, 3.12, 4.18, 4.96, 3.36, 4.71 ve 4.40 dir.

pH=12 olması durumunda: Kumaştaki ağırlık kayıpları banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Ultrason enerji ile çalışıldığında 35°C’de 5 dakikadaki ağırlık kaybı % 2,25 iken sıcaklık 75°C’ye çıkartıldığında % 2.96’ı bulmuştur. Oysa Ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 1.24, 2.83 dür. Benzer şekilde ultrason enerji ile 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ağırlık kayıpları sırasıyla % 2.38, 3.53, 3.71, 3.25, 4.78, 4.99, 4.17, 4.75 ve 5.98 dir. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla % 2.20, 3.37, 3.66, 3.09, 4.70, 4.78, 3.58, 4.23 ve 4.37 dir.

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Kumaştaki ağırlık kayıpları pH, sıcaklık ve çalışma süresi dikkate alınarak irdelendiğinde asidik ortamlardaki çalışmalarda; özellikle pH=2 de ağırlık kayıplarının diğer pH’lara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebi asidik ortamda selülozun zarar görmesidir. Banyo pH’ı arttıkça bazik ortamda kayıplar azalmaktadır. Çünkü selüloz bazik ortamlardan çok fazla etkilenmez [3]. Bunun yanında çalışama süresi ve banyo sıcaklığı arttıkça elyaf kayıpları da artmaktadır. Ultrason enerjinin aktivitesi bütün parametrelerde görülmektedir.

Haşıl Sökme değişimi:

Ham kumaşın haşıl sökme değeri 1 Tegewa dır. Yani kumaş üzerinde yoğun miktarda nişasta esaslı haşıl maddesi vardır.

pH=2 olması durumunda: Ultrason ortamında banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri 15 dakika çalışma süresine kadar yaklaşık 1 puan, 60 dakika çalışma süresine kadar 2 puanlık bir artış göstermiştir. Ultrason enerji ile 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda Tegewa değeri sırasıyla 3, 3, 4, 3, 4, 4, 4, 5, 6, 5, 6 ve 6 puan olmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 4, 3, 4 ve 4 puan olmuştur.

pH=4.5 olması durumunda: Ultrason ortamında banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri ortalama 1 puan artmıştır. Ultrason enerji ile 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda Tegewa değeri sırasıyla 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 3, 4, 6, 3, 4 ve 6 puan olmuştur. Oysa ultrason

enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 3, 5, 3, 3 ve 4 puan olmuştur.

pH=7 olması durumunda: Ultrason ortamında banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri ortalama 1 puan artmıştır. Ultrason enerji ile 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda Tegewa değeri sırasıyla 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3 ve 3/4 puan olmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla 1, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 2, 3 ve 3 puan olmuştur.

pH=9.5 olması durumunda: Ultrason ortamında banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri, nötr banyoya göre artmıştır. Haşıl sökölme miktarı azalmıştır. Ultrason enerji ile 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda Tegewa değeri sırasıyla 2, 3, 4, 2, 3, 3, 2, 4, 5, 4, 5 ve 5 puan olmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla 2, 2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 4, 3, 4 ve 4 puan olmuştur.

pH=12 olması durumunda: Ultrason ortamında banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır, pH’ın 12 olduğu bazik ortam haşıl sökölme oranının en yüksek olduğu değerlerdir. Ultrason enerji ile 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda Tegewa değeri sırasıyla 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 5, 6, 5, 5 ve 6 puan olmuştur. Oysa ultrason enerjinin olmaması durumunda ise bu değerler sırasıyla 2, 2, 3, 3, 3, 4, 3, 4, 5, 4, 4 ve 5 puan olmuştur.

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Nişasta esaslı haşıl maddesi düşük pH’larda asidik ortamında etkisiyle nişasta makro molekülleri parçalanarak kumaş üzerinden ayrılmaya başlamaktadır. pH’ın 2 olduğu durumda banyo sıcaklığı, çalışma süresinin ve ultrason enerjinin de etkisiyle Tegewa değerleri 6 puanı bulmaktadır. Bu çalışma asidik haşıl sökme olarak da ifade edilebilir [4]. Nişasta makromolekülleri asidik çözelti ile parçalanmaya başlamaktadır. Ancak pH değeri nötre yaklaştıkça yapıda bulunan nişasta makro moleküllerinin parçalanması azalmakta ve bunun sonucu olarak Tegewa değerleri 3/4 puanı bulmaktadır. pH’ın yeniden artmasıyla birlikte özellikle pH=12’de bu kez de bazik ortamın etkisiyle nişasta makro molekülleri parçalanarak kumaş numunesinden ayrılmaya başlamış ve Tegewa değerleri 6 puanı görmüştür. Bu durumda bazik ortamda haşıl sökme işlemi gibi düşünülebilir [4]. Nişasta

makromolekülleri bazik çözelti ile parçalanmaya başlamaktadır. Tüm çalışma pH'larında haşıl sökölme derecesinin ultrason enerji ile 1-2 puanlık bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu tespit terbiye işlemlerinde ultrason enerjinin kullanılmasının nedenli önemli olabileceğinin de bir göstergesidir.

Beyazlık değışimi:

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Ham pamuklu kumaşın ortalama beyazlık derecesi 52 Stensby'dır. Genel olarak çalışma süresinin ve sıcaklığının artmasıyla birlikte kumaşların beyazlık derecesinin arttığı gözlemlenmiştir. Yıkama ile birlikte yapıda bulunan bazı yabancı maddeler az da olsa uzaklaşarak kumaş rengini etkilemişlerdir. Ultrasonun bu etkiye daha da artırdığı söylenebilir. Çünkü ultrasonlu çalışmalardan elde edilen beyazlık dereceleri bir miktar daha fazladır. En yüksek beyazlık derecesi 60,02 Stensby değeri ile 7 pH'da 75°C'de 60 dakika çalışma ile elde edilmiştir. Yaklaşık %15'lik bir beyazlık artışı söz konusudur. Banyo pH'nın değıştirilmesi kumaş beyazlığı üzerine bir etki yapmamıştır.

Hidrofilite değışimi:

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Bütün çalışma parametrelerinde ultrason varlığında ve yokluğunda beş farklı banyo pH'ında, üç farklı sıcaklık değışiminde ve üç farklı zaman diliminde yapılan çalışmalar sonunda kumaşın su emme yeteneğı geliştirilememiştir. Pektin, yağlar, vakslar, hemiselölöz gibi hidrofob özellik sağlayan yapıların bu işlemler sonunda kumaş üzerinden yeterince uzaklaştırılamadıkları düşünülmektedir. Nişastanın parçalandığı tespit edilmesine rağmen (Haşıl sökme 5-6) kumaşın hidrofob karakteri bu çalışmalar ile tam olarak giderilememiştir.

Mukavemet değışimi:

3. bölümdeki ilgili tablolar incelendiğinde materyalden çekilen ipliklerin kopma kuvvetinin çalışma süresi ve sıcaklık artışına bağılı olarak azaldığı görölmektedir. Ham kumaştan çekilen ipliğın ortalama kopma kuvveti 4.80 N'dur. Ağırlık kayıplarından da göröleceğı gibi, kumaşın üzerinde bulunan bir takım yabancı maddelerin uzaklaşmasına paralel selölöz da bir miktar parçalanmıştır. Bu parçalanma ile birlikte mukavemetlerde düşmüştür. En fazla iplik kopma kuvveti 3,45 N olarak ultrasonsuz ve 2 pH'da, 75°C'de 60 dakika çalışma ile tespit edilmiştir. Yaklaşık %28'lik bir azalma söz konusudur. Bu

düşüşler hem ultrason varlığında hem de yokluğunda görülmektedir. Ancak ultrason varlığındaki bu düşüşler daha da sınırlı kalmıştır. Bu durumun ise iki sebebi olduğu düşünülmektedir.

- Ultrason enerjisi ile pamuk ipliğini meydana getiren filamentlerin lif eksenine boyunca belli bir oranda diziliminin düzgünleşmesi ve buna bağlı kopma kuvvetinin artırması,
- Filamenti oluşturan kristalin bölge oranının ultrason enerjisi ile artmış ve amorf bölge oranının ise azalmış olabileceği düşünülmektedir.

Yani yapıda bulunan yüksek mukavemet özellikleri gösteren kristalin bölgeler daha düzgün bir diziliş gösterirken, zayıf mukavemet özellikleri gösteren amorf bölgeler ise gelişmiş güzel sarmal bir diziliş gösterirler. Ultrason enerjisi ile bu gelişmiş güzel bir dizilime sahip olan amorf bölge misellerinin lif eksenine boyunca oryante olarak kristalin bölge özellikleri gösterecek hale gelmesiyle birlikte iplik kopma kuvvetlerinin artmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

4.2.2. Enzimlerin Ön Terbiye İşlemlerinde Kullanımı

Enzimatik Haşıl Sökmenin İncelenmesi

Enzimatik denemelerde çalışma banyosunda üç farklı zaman dilimi incelenmiştir. Bunlar; 15, 30 ve 60 dakikalardır. Tablo 3.9'daki veriler değerlendirildiğinde ultrason enerjisi kullanılmadan ilgili ticari enzimlerin deneme kumaş üzerindeki etkileri aşağıdaki olmuştur.

Haşıl Sökme değişimi:

α -Amilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin haşıl sökölme değeri de artmıştır. 15, 30 ve 60 dakikalardaki haşıl sökölme değeri sırasıyla 6, 7 ve 8-9 olmuştur.

Glikoamilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarındaki haşıl sökölme değerleri geleneksel *α -Amilaz* enzimi kullanılarak yapılan çalışmadakilerden daha düşük değerler elde edilmiştir. Ayrıca çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin haşıl sökölme değeri de artmıştır. 15, 30 ve 60 dakikalardaki haşıl sökölme değeri sırasıyla 2, 3 ve 4 olmuştur.

% Ağırlık değişimi:

α -Amilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin ağırlık kaybı da artmıştır. 15, 30 ve 60 dakikalardaki ağırlık kayıpları sırasıyla 4.39, 4.49 ve 4.80 olmuştur.

Glikoamilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında ise çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin ağırlık kaybı daha da fazla olmuştur. 15, 30 ve 60 dakikalardaki ağırlık kayıpları sırasıyla 4.61, 4.69 ve 5.38 olmuştur.

Beyazlık değişimi:

α -Amilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin beyazlık değeri de artmıştır. 15, 30 ve 60 dakikalardaki beyazlık değeri sırasıyla 58.35, 59.08 ve 59.94 Stensby olmuştur.

Glikoamilaz enzimi kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında ise çalışma süresinin artmasına bağlı olarak materyalin beyazlık değeri de artmıştır. 15, 30 ve 60 dakikalardaki beyazlık değeri sırasıyla 57.21, 57.13 ve 58.02 Stensby olmuştur. *Glikoamilaz* enzimi kullanılarak yapılan denemelerdeki beyazlık değerleri *α -amilaz* enzimine göre daha düşük çıkmıştır.

Hidrofilite değişimi:

α -Amilaz ve *glikoamilaz* enzimleri kullanılarak yapılan deneme çalışmalarında çalışma süresine ve/veya enzim tipine bağlı olarak materyalin hidrofilite değerinde bir değişiklik olmayıp 90 saniye de yükselme olmamıştır.

Genel olarak değerlendirilecek olursa *α -amilaz* enziminin kullanılması durumunda 60 dak. sonundaki 8 puan olan haşıl sökme değeri, *glikoamilaz* enzimine göre daha yüksek çıkmıştır. Nişasta makromolekülleri parçalanmıştır. Ağırlık kayıpları ise daha azdır. 59,94 Stensby ile daha yüksek bir beyazlık derecesi elde edilmiş olup, iplik kopma kuvvetlerindeki artış ise *glikoamilaz* enzimine göre daha azdır. Ağırlık kayıplarına rağmen kumaşa hidrofilite kazandırılmamıştır. Yapıda bulunan yağlar, vakslar, pektin ve hemiselüloz gibi hidrofob maddelerin tam olarak uzaklaştırılamadığı görülmüştür. Tüm sonuçlar itibariyle *α -amilaz* enzimi ile yapılan ön terbiye işlemleri *glikoamilaz* enzimine göre en iyi terbiye sonuçlarını vermiştir.

Enzimatik Haşıl Sökme-Ultrason Kombinasyonu

4.2.2.1. α -Amilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Ağırlık Kaybı ve Haşıl Sökme değişimi:

Ağırlık kayıpları kendi arasında incelenecek olursa; genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin etkisiyle kumaştaki ağırlık kayıpları pH, sıcaklık ve çalışma süresi dikkate alınarak irdelendiğinde asidik ortamlardaki çalışmalarda; özellikle pH=2 de ağırlık kayıplarının diğer pH'lara göre daha fazla olduğu görülmektedir. En fazla ağırlık kaybı pH=2'de 60' sürede 75°C kayıp % 5,33 dir. Selülozun asidik ortamlardan etkilendiği bilinmektedir. Kayıpların içerisinde muhtemelen parçalanmış selüloz da bulunabilir. Benzer değişim sadece ultrason kullanılarak yapılan çalışmalarda da görülmüştür. Banyo pH'ı arttıkça bazik ortamda kayıplar azalmaktadır. En düşük ağırlık kaybı pH=12'de 60' sürede 75°C kayıp % 4,82 dir. Pamuklu materyallerin bazik ortamlardan, asidik ortamlara göre daha az etkilendiği ve dolayısıyla elyaf kayıplarının daha az olduğu bilinmektedir. Bunun yanında çalışma süresi arttıkça kayıp oranları da artmaktadır. Aynı zamanda banyo sıcaklığı arttıkça selülozunda parçalanması tespit edilmiştir. Ultrason enerjinin ve enzimin birlikte gösterdikleri etkileri bütün çalışma parametrelerinde görmek mümkündür. Haşıl sökme oranları ise şu şekilde değişmiştir.

pH=2 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C'lerdeki sıcaklıklarda en iyi Tegewa değeri 4 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=4.5 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri pH =2'ye göre daha fazla olmuştur. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C'lerdeki sıcaklıklarda en iyi Tegewa değeri 6 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=7 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri pH =2 ve 4.5'e göre daha fazla olmuştur. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C'lerdeki sıcaklıklarda en iyi Tegewa değeri 8 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=9.5 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda en iyi Tegewa değeri 7 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=12 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda en iyi Tegewa değeri 7 puan olarak tespit edilmiştir.

Haşıl sökölme oranları genel olarak değerlendirilecek olursa; düşük pH’larda (özellikle pH=2’de) α -amilaz enzimi aktivitesini kaybettiği için haşıl sökölme oranları düşük kalmıştır. Ancak ortam pH değeri 7’ye yaklaştıkça haşıl sökölme oranları artış göstermiş olup 8 puanlara ulaşarak yüksek miktarlarda kumaş üzerinden haşıl maddesi uzaklaştırılmıştır. α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin uzun süre ve sıcaklıklarda etkisini arttığı söylenebilir. Ancak asidik ortamda bu etki sınırlı kalmaktadır. Ultrason/ α -amilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda beyazlık, haşıl sökme, hidrofilité açısından optimum çalışma parametresi Tablo 4.5’de sunulmuştur.

Beyazlık değişimi:

pH=2 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.21, 52.33, 53.68, 52.31, 53.66, 54.89, 56.66, 58.57, 60.45, 60.55, 60.66 ve 61,48 Stensby olmuştur.

pH=4.5 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.28, 52.34, 53.38, 52.39, 53.56, 54.90, 57.44, 59.66, 60.22, 60.12, 60.98 ve 61.83 Stensby olmuştur.

pH=7 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.08, 52.12, 53.68, 52.11, 52.33, 54.08, 56.31, 58.59, 59.64, 59.66, 60.13 ve 61,40 Stensby olmuştur.

pH=9,5 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.18, 52.42, 53.05, 52.15, 53.53, 54.26, 55.97, 56.31, 59.16, 57.50, 60.06 ve 61.73 Stensby olmuştur.

pH=12 olması durumunda: α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde ve 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.17, 52.31, 53.85, 53.21, 55.53, 56.26, 56.44, 57.84, 59.06, 59.27, 60.33 ve 62.56 Stensby olmuştur.

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Ham pamuklu kumaşın beyazlık derecesi 52 Stensby dir. α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle kumaşın beyazlık derecesi artmıştır. Bu artış nedeni olarak su ile yapıdan bazı yabancı maddelerin uzaklaşmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Sadece ultrason enerji kullanıldığında beyazlık değeri 60 Stensby’ya ulaşırken enzim ile kombine edildiği zaman bu değer 62 Stensby’ya ulaştığı görülmektedir. Burada enzimin nişastayı parçalamsı ile birlikte kumaşın beyazlık derecesinin arttığı düşünülmektedir. Ancak bu artışlar oldukça sınırlı kalmaktadır. Nötr ortamda yapılan işlemlerde banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artması ile birlikte beyazlığında artarak en fazla 60.02 stensby değerlerini ulaştığı görülmektedir. Bu beyazlık değeri bile tatmin edici boyutta değildir.

Hidrofilite değişimi:

Genel olarak şu sonuçları çıkarmak mümkündür. α -Amilaz enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo pH’nın 2, 4.5, 7 ve 9.5 olduğu durumlarda 5 ve 15 dakikalık çalışma sürelerinde kumaşın su emme yeteneğinin gelişmediği görülmektedir. Özellikle 30/60’ da hafif artış olurken, banyo pH değerinin ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte materyalin su emme yeteneğininde geliştiği söylenebilir. Yapılan denemelerde 90 saniyede su sütun yüksekliğinin 10 mm’lere ulaştığı görülmüştür. En iyi sonuçlar ise banyo pH’nın 12, çalışma sıcaklığının 75°C ve çalışma süresinin ise 60 dakika olduğu şartlarda görülmüştür. Çünkü baziklığın artması ile birlikte kumaşın yapısında bulunan yağlar, vakslar sıcak ortamda belli oranda sabunlaşarak uzaklaşmış ve bu nedenle de hidrofil özelliğin belirginleştiği gözlemlenmiştir.

Mukavemet değişimi:

Ham kumaşın kopma kuvveti 4.80 Newton ve kopma uzaması ise %20 olarak tespit edilmiştir. Tablo 3.15 incelediğinde; α -amilaz enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle kumaş numunelerindeki mukavemet değişimleri şu şekilde olmuştur.

Denemeler sonundaki kumaştan çekilen ipliklerin ortalama kopma kuvveti düşük pH'larda daha yüksektir (pH=2'de 60' sürede 75°C kopma kuvveti 4,08 N). Çünkü selüloz asidik ortamlarda hidrolize olmaktadır. Bu da mukavemetinin düşmesine neden olmaktadır. Sıcaklık ve süre artışı hidrolizi hızlandırmaktadır. Çalışma ortam pH'ı nötr'e doğru yaklaşıkça iplik kopma kuvvetindeki düşüşte azalmaktadır (pH=7'de 60' sürede 75°C kopma kuvveti 4,18 N). Bu durumda yaklaşık %13 civarında bir kuvvet kaybı söz konusudur. Çalışma banyosu bazik ortama kaymaya bařladıķça nötr ortama göre mukavemet çok fazla değişmemektedir. Selülozun bazik ortamdaki hidrolizi çok çok düşüktür ve elyaf çok fazla zarar görmez. Nitekim pH=9,5 ve 12'de 60' sürede 75°C çalışma sıcaklığında ortalama kopma kuvvetleri sırasıyla 4,16 ve 4,11 N olarak tespit edilmiştir.

4.2.2.2. Glikoamilaz Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Ağırlık Kaybı ve Haşıl Sökme değişimi:

Glikoamilaz enzimi kullanılarak yapılan çalışmalarda, ağırlık kayıpları kendi arasında incelenecek olursa; genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Asidik banyolarda asitliğin etkisiyle birlikte materyalin ağırlık kayıpları artmıştır. En fazla ağırlık kaybı pH=2'de 60' sürede 75°C kayıp % 5,92 dir. Bu kayıplar; sıcaklığın ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte benzer artış gözlemlenmiştir. Banyo pH'ı bazikliğe doğru kaymaya bařladıķça ağırlık kayıpları da azalma eğilimi göstermiştir. En düşük ağırlık kaybı pH=12'de 60' sürede 75°C kayıp % 4,41 dir. Çünkü selüloz bazik ortamda çok az miktarlarda hidroliz olurlar. Nötr ve hafif bazik ortamlardaki ağırlık kayıp değerleri birbirlerine çok yakın değerlerdir. *Glikoamilaz* enzimi ile yapılan çalışmalardaki ağırlık kayıpları, α -amilaz enzimi ile yapılan çalışmalardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Haşıl sökme oranları ise şu şekilde değişmiştir.

pH=2 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15,

30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda en yüksek Tegewa değeri 7 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=4.5 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda en yüksek Tegewa değeri 8 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=7 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ne yüksek Tegewa değeri 9 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=9.5 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda en yüksek Tegewa değeri 7 puan olarak tespit edilmiştir.

pH=12 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artmasıyla birlikte haşıl sökölme değeri artmıştır. 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde, 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklarda ise en yüksek Tegewa değeri 7 puan olarak tespit edilmiştir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirilecek olursa; *Glikoamilaz* enzimi ultrason enerjinin varlığında materyal üzerindeki haşıl maddesinin uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğu görülmektedir. Sadece *glikoamilaz* enzimi kullanılmak suretiyle yapılan haşıl sökme işlemlerinde pH=5’de 60°C ve 60 dakika çalışma süresinde Tegewa değeri 4 puana ulaşırken, ultrasonun etkisiyle pH=4,5’de 55°C ve 60 dakika çalışma süresinde Tegewa değeri 6 puana ulaştığı tespit edilmiştir. Ultrason enerjisi haşıl sökme etkisini 2 puan artırmıştır. Ultrasonun terbiye işlemlerinde kullanılması açısından bu sonuç oldukça önemlidir.

Bevazlık değişimi:

pH=2 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime

bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.30, 52.43, 53.82, 52.77, 53.86, 57.97, 61.96, 63.87, 64.25, 62.35, 64.23 ve 65,21 Stensby olmuştur.

pH=4.5 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.32, 52.53, 53.02, 52.74, 53.41, 56.97, 59.87 61.54, 63.33, 60.65, 64.12 ve 65.32 Stensby olmuştur.

pH=7 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 53.33, 54.03, 55.23, 53.74, 55.40, 56.37, 57.33, 60.03, 61.20, 59.94, 60.47 ve 65.37 Stensby olmuştur.

pH=9.5 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 53.11, 53.48, 54.82, 53.24, 54.42, 55.85, 57.71, 58.03, 58.82, 57.24, 59.42 ve 61.25 Stensby olmuştur.

pH=12 olması durumunda: *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C’lerdeki sıcaklıklardaki değişime bağlı olarak beyazlık derecelerindeki artış sırasıyla 52.81, 53.08, 54.82, 53.12, 54.12, 55.25, 56.01, 58.25, 58.03, 56.40, 58.07 ve 60.87 Stensby olmuştur.

Genel olarak şu sonuçları çıkartmak mümkündür. Ham pamuklu kumaşın beyazlık derecesi 52 Stensby dır. *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjinin de etkisiyle kumaşın beyazlık derecesi artmıştır. Sadece ultrasonik enerji kullanıldığında beyazlık değeri 60 Stensby’ya ulaşırken enzim ile kombine edildiği zaman bu değer 65 Stensby’ya ulaştığı görülmektedir. *Glikoamilaz* enziminin etkisinin α -amilaz enzimine göre kumaş üzerindeki yabancı atıkları daha iyi temizlediği için kumaşı beyazlık açısından daha iyi bir düzeye getirmiştir. Ancak bu artışlar oldukça sınırlı kalmaktadır. Nötr ortamda yapılan işlemlerde banyo sıcaklığının ve çalışma süresinin artması ile birlikte beyazlığında artarak en fazla 65.37 Stensby değerlerini ulaştığı görülmektedir.

Hidrofilite değişimi:

Genel olarak şu sonuçları çıkarmak mümkündür. *-Amilaz* enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle banyo pH'nın 2, 4.5, 7 ve 9.5 olduğu durumlarda 5 ve 15 dakikalık çalışma sürelerinde kumaşın su emme yeteneğinin gelişmediği görülmüştü. Benzer zellik *glikoamilaz* enziminin kullanılmasında da görülmektedir. Bununla birlikte banyo pH'ın 2 olduğu çalışma banyosunda sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte sütün yüksekliği 11 mm'ye ulaşmasına rağmen, 4.5 pH'da kısmen bir düşüşe rastlanmaktadır. Bu düşüşün muhtemel sebebi ortamın asitlik durumuna bağlıdır.

Nötr ve hafıf bazik ortamda kumaşın su emme yeteneği kısmen artmaktadır. En iyi sonuçlar ise banyo pH'nın 12, çalışma sıcaklığının 75°C ve çalışma süresinin ise 60 dakika olduğu şartlarda görülmüştür. Ayrıca şu tesbiti yapmakta yarar vardır. Gerek *-amilaz* enzimi ve gerekse *glikoamilaz* enzimi kullanılarak yapılan çalışmalarda hidrofilite değeri çok kötüyken (Tablo 3.28; değer sıfır (0)), ultrason enerjisi ile bu işlemler yapıldığında belli bir oranda kumaşın hidrofilitesinin geliştiği görülmektedir.

Ultrasonun etki mekanizmasına bakılacak olursa; ultrason çalışma banyosunda bir kavitasyon meydana getirmektedir. Kavitasyon ise ultrases dalgalarının banyo içerisindeki hareketi sonucu oluşan enerji yüklü baloncukların patlaması sonucu meydana gelir. Oluşan bu kavitasyon ile sıvıdan katıya doğru kötü transferi gerçekleşir [68]. Çalışma banyosundaki bu enerji patlamalarını meydana getirdiği hareketlenme ile gerek haşıl maddesinin, gerek renkli pigmentlerin ve gereksede diğer yabancı maddelerin parçalanmasına ve yapıdan uzaklaşmasına, banyoda kullanılan enzimlerin ise lifin i bölgelerine ulaşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Böylece birim zaman içinde ilgili enzimlerin reaksiyon kabiliyetleri daha artmış olmaktadır.

Mukavemet değişimi:

Genel olarak ortalama iplik kopma kuvvetleri değerlendirilecek olursa; *Glikoamilaz* enzimi ve ultrason enerjisinin de etkisiyle 5, 15, 30 ve 60 dakika çalışma süresinde 35°C, 55°C ve 75°C'lerdeki sıcaklıklarda asidik banyolardaki iplik kopma kuvveti bazik ortamdaki iplik kopma kuvvetinden daha fazla olduğu görülmektedir. Benzer zellik *-amilaz* enzimi kullandığı zamanda görülmüştür. Bunun en önemli sebebi ise pamuklu materyaller asidik banyolara karşı daha hassastırlar. Düşük pH'lardaki banyolarda selüloz hidrolize olarak mukavemetleri düşmektedir. Sıcaklık ve çalışma süresinin artması da

selülozun parçalanmasını ve buna bağlı olarak mukavemet kayıplarının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Nötr ve hafif bazik banyolardaki mukavemet kayıpları birbirlerine çok yakın değerlerdir. Orta-hafif bazik ortamlarda pamuklu elyaf çok zarar görmediği için elyafın mukavemet kayıpları da minimum düzeydedir. Ancak sıcaklığın, çalışma süresinin ve pH'ın yükselmesi elyaf hidrolizini dahada artırmaktadır. Nitekim en yüksek kayıplar 12 pH'da, 75°C'de ve 60 dakika çalışma süresinde görülmüştür.

Tüm bu deneme çalışmalarının ışığında ultrason/ α -amilaz enzimi ve ultrason/glikoamilaz enzimi kombine edilerek yapılan deneme çalışmaları için haşıl sökme değeri göz önüne alındığında en iyi etkinin Tablo 4.5'deki çalışma parametreleri ile elde edilebileceği görülmüş ve önerilmesi uygun bulunmuştur.

Tablo 4. 17. Ultrason- α -amilaz/glikoamilaz enzimi kombine edilerek farklı sıcaklık ve süre sonunda optimum çalışma parametreleri

Çalışma parametreleri	Ultrason/ α -amilaz	Ultrason/glikoamilaz
Süre (dakika)	60	60
Sıcaklık (°C)	75	75
pH	7	7

4.2.2.3. Pektinaz Enzim Denemeleri

Bu bölümde ilk olarak nişasta esaslı haşıl maddeleri kumaşlardan bölüm 2'de verilen yöntem ile α -amilaz enzimi kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Haşıl sökme değeri 8 Tegewa olarak tespit edilmiştir. Bu işlemten sonra kumaşlar farklı çalışma parametrelerinde pektinaz enzimi ile muamele edilmiştir. Bölüm 3'deki ilgili tablolarda verilen sonuçlar üzerinden değerlendirilecek olursa;

Pektinaz enzim çalışmaları ilk olarak 3 farklı banyo pH'ında (5.5, 7, 8.5), 3 farklı çalışma süresinde (15, 30, 60 dakika) ve 3 farklı pektinaz konsantrasyonunda (%1, 3, 5) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde;

pH=5.5 olması durumunda: %1 pektinaz enzimi kullanılması durumunda çalışma süresinin artmasına paralel olarak materyalin hidrofilitesinin artışı sınırlı kalmıştır. 60

dakika sonra sütun yüksekliği ancak 6 mm'ye ulaşmıştır. Beyazlık değeri de bir miktar artış göstermiş ve 60 dakika sonunda 55.85 Stensby'ya yükselmiştir.

Pektinaz enzimi %3 kullanıldığı zaman özellikle 60 dakika çalışma süresi sonunda beyazlık değerinde çok fazla bir değişiklik olmamıştır. Hidrofilite değeri ise biraz daha gelişmiş ve sütun yüksekliği 11 mm'ye ulaşmıştır.

Pektinaz enzimi %5'e çıkartıldığında da 60 dakika çalışma süresi sonunda hem hidrofilite, hemde beyazlık değerlerindeki değişim çok fazla olmayıp 10 mm sütun yüksekliği ve 55.15 Stensby beyazlığında kalmıştır.

pH=7 olması durumunda: %1 *pektinaz* enzimi kullanılması durumunda çalışma süresinin artmasına paralel olarak materyalin hidrofilitesede artmıştır. 60 dakika sonra sütun yüksekliği 30 mm'ye ulaşmıştır. Beyazlık değeri de bir miktar artış göstermiş ve 60 dakika sonunda 56.98 Stensby'ya yükselmiştir.

Pektinaz enzimi %3 kullanıldığı zaman özellikle 60 dakika çalışma süresi sonunda beyazlık değerinde çok fazla bir değişiklik olmamış ve 57.08 Stensby'da kalmıştır. Hidrofilite değeri ise 60 dakika sonunda sütun yüksekliği 31 mm'ye ulaşmıştır.

Pektinaz enzimi %5'e çıkartıldığında ise 60 dakika çalışma süresi sonunda hidrofilite değeri 32 mm sütun yüksekliğine ulaşmıştır. Beyazlık değerindeki değişim çok fazla olmayıp 57.19 Stensby beyazlığında kalmıştır.

pH=8.5 olması durumunda: %1 *pektinaz* enzimi kullanılması durumunda çalışma süresinin artmasına paralel olarak materyalin hidrofilitesede sınırlı bir artmıştır olmuştur. 60 dakika sonra sütun yüksekliği 20 mm'ye ulaşmıştır. Beyazlık değeri de en fazla 60 dakika sonunda 57.44 Stensby'ya yükselmiştir.

Pektinaz enzimi %3 kullanıldığı zaman özellikle 60 dakika çalışma süresi sonunda beyazlık değerinde çok fazla bir değişiklik olmamış ve 57.33 Stensby'da kalmıştır. Hidrofilite değeri ise 60 dakika sonunda sütun yüksekliği 23 mm'ye ulaşmıştır.

Pektinaz enzimi %5'e çıkartıldığında ise 60 dakika çalışma süresi sonunda hidrofilite değeri 27 mm sütun yüksekliğine ulaşmıştır. Beyazlık değerindeki değişim çok fazla olmayıp 57.34 Stensby beyazlığında kalmıştır.

Genel olarak değerlendirilecek olursa; Banyo pH'nın 5.5 olması durumunda hidrofilite değerleri enzim konsantrasyonunun artışına paralel bir gelişme göstermektedir. *Pektinaz* enzimi ile 8.5 pH'da çalışılması durumunda materyalin hidrofilitesinde bir gelişme olmaktadır. Ancak en iyi sonuçlar banyo pH değerinin 7 olması durumunda alınmaktadır. Bu durumda 7 ile 8,5 arasında bir pH ortamında çalışmak uygun olacaktır. Bu deneme çalışmaları sonunda ham kumaşın haşıl sökme derecesi 8/9 Tegewa bandında çıkmıştır. Önceden haşılı sökülmüş kumaş için; banyo pH'nın 7, çalışma süresinin 60 dakika ve *pektinaz* enzim konsantrasyonunun %1 olması durumunda optimum çalışma olarak önerilebilir.

4.2.2.4. *Glikoamilaz - Pektinaz* Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Bir önceki çalışmada kumaşın ilk olarak farklı bir banyoda nişasta haşılı sökülmüş ve sonra yeni bir çalışma banyosu hazırlanarak kumaşa hidrofilite ve diğer terbiye özellikleri kazandırılmaya çalışılmıştı. Burada ise tek bir banyo kullanılarak kumaşın eş zamanlı bir şekilde hem haşılı sökülmeye, hem de diğer terbiye özellikleri kazandırılmaya çalışılmıştır. Bunun için *pektinaz* ve *glikoamilaz* enzimleri kullanılmıştır. Bir önceki çalışmada kullanılan pH ve süreleri gibi çalışma parametreleri aynı bırakılmıştır. Denemelerden elde edilen sonuçlar ise şunlardır.

%1 *Pektinaz* - %1 *glikoamilaz*: Bu çalışma sonunda elde edilen veriler Tablo 3.42'de sunulmuştur. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit edilmiştir. Kabul edilebilir sınırlar içindedir. Beyazlık derecesi banyo pH'ı ve çalışma süresinin artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Elde edilen beyazlık derecesi en fazla 54,99 Stensby'ı ulaşmıştır. Sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalışma parametreleri içerisinde 90 saniyede en fazla sütun yüksekliği 13 mm ulaşabilmiştir. Sınırlı bir yükselme olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü (Tegewa 9), ancak sınırlı miktarda bir su emme yeteneğine ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir. Su emme yeteneğini artırabilmek için bir sonraki çalışmada *pektinaz* enzim konsantrasyonu %3 yükseltilmiş, *glikoamilaz* ve diğer çalışma parametreleri değiştirilmemiştir.

%3 *Pektinaz* - %1 *glikoamilaz*: Bir önceki çalışmada hidrofilite ve beyazlık derecesinin yetersiz kaldığı belirtilmişti. Kumaşın zayıf kalan bu yönlerinden biri olan hidrofilitesini

geliştirebilmek için *glikoamilaz* oranı sabit bırakılıp, *pektinaz* enzim konsantrasyonu %3'e çıkartılarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar bölüm 3 Tablo 3.43'de verilmiştir. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit edilmiştir. Beyazlık derecesi banyo pH'ı ve çalışma süresinin değişimine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Elde edilen beyazlık derecesi en fazla 53,99 Stensby'ı ulaşmıştır. Ancak bu sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalışma parametreleri içerisinde 90 saniyede en fazla sütun yüksekliği 13 mm'ye kadar ulaşabilmiştir. Sınırlı bir yükselme olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, ancak yine sınırlı miktarda bir su emme yeteneğine ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir. Su emme yeteneğini artırabilmek için bir sonraki çalışmada ise *pektinaz* enzim konsantrasyonu %5 yükseltilmiş, *glikoamilaz* ve diğer çalışma parametreleri değiştirilmemiştir.

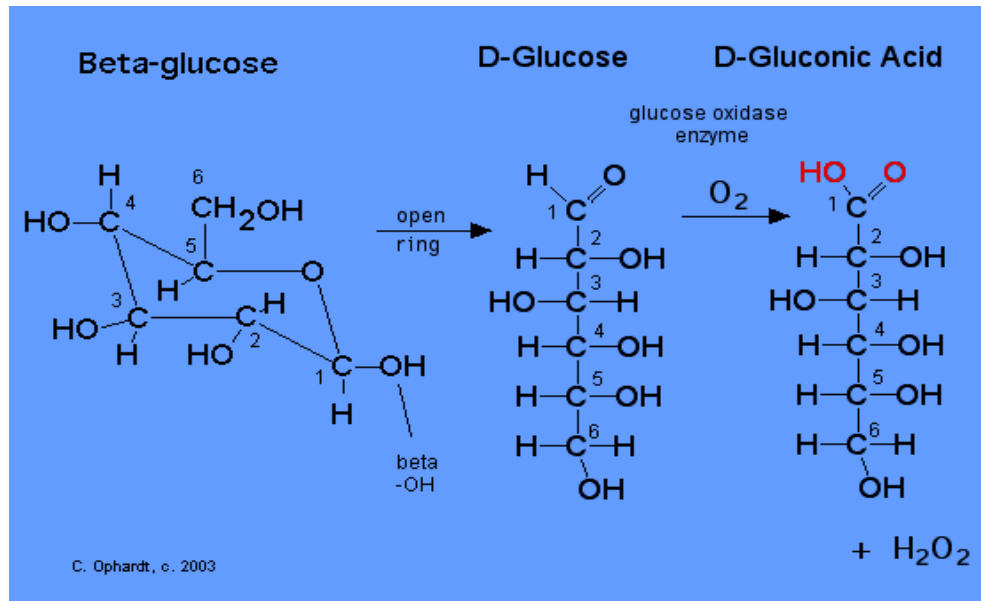
%5 Pektinaz - %1 glikoamilaz: Bir önceki çalışmalarda hidrofilite ve beyazlık derecesinin yetersiz kaldığı belirtilmişti. Kumaşın zayıf kalan hidrofilitesini geliştirebilmek için *glikoamilaz* enzim oranı sabit bırakılıp, *pektinaz* enzim konsantrasyonu ise %5'e çıkartılarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.44'de verilmiştir. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit edilmiştir. Geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalarda da özellikle haşıl sökme değeri 8 Tegewa olarak elde edilmişti. Beyazlık derecesi banyo pH'ı ve çalışma süresinin değişimine bağlı olarak bir miktar farklılık göstermiştir. Elde edilen beyazlık derecesi en fazla 54,01 Stensby'ı kadar ulaşabilmiştir. Sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalışma parametreleri içerisinde 90 saniyede ancak en fazla 16 mm sütun yüksekliğine kadar ulaşabilmiştir. Önceki çalışmaya göre daha iyi ancak daha da artırılması gerektiği düşünülmektedir.

Genel olarak değerlendirilecek olursa; 3 farklı deneme çalışmasında, *glikoamilaz* enzim konsantrasyonu %1'de sabit tutularak, *pektinaz* enzim konsantrasyonu %1, 3 ve 5 olacak şekilde ultrason banyosunda denemeler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, ancak yine sınırlı miktarda bir su emme yeteneğine ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir. *Pektinaz* enziminin daha fazla artırılmasının ekonomik olmayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında ise kumaşın beyazlık derecesinin artırılma

çalışmaları yapılmıştır. Bunun için de *glikozoksidaz* enzimi kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.5. *Glikoamilaz - Pektinaz - Glikozoksidaz* Enzimi ve Ultrason Kombinasyonu

Literatürde; nişasta esaslı haşıl maddesi ile haşılanmış kumaşlarda haşılın sökülmesi ile birlikte banyo geçen glikozun, *glikozoksidaz* enzimi ile parçalanması sonunda meydana gelen hidrojen peroksit ile pamuğun ağartılmasından bahsedilmektedir [25, 26, 37, 41, 51, 52, 55, 57, 61, 63, 64]. Şekil 4.12’de glikozdan *glikozoksidaz* enzimi kullanılarak hidrojen peroksit üretim şeması gösterilmektedir. Naşastanın parçalanması sonunda meydana gelen *D-Glikoz*, *glikozoksidaz* enziminin etkisi ile *D-Glikonikasit* ve Hidrojen peroksit açığa çıkarmaktadır.



Şekil 4. 16. Beta-Glikozun parçalanması, glikozoksidaz enziminin etki mekanizması ve hidrojen peroksit üretim Şeması [184]

Tez kapsamında yapılan deneme çalışmalarında ise üç farklı enzimin (*pektinaz*, *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz*) etkileri tek ultrason banyosu içinde birlikte araştırılmıştır. 2. bölümde açıklanan yöntem ile 3 farklı banyo pH'ında (5.5, 7, 8.5), 3 farklı çalışma süresinde (15, 30, 60 dakika) ve farklı enzim konsantrasyonunda yapılmıştır. Denemelerden elde edilen sonuçlar ise şöyledir;

%1 glikoamilaz - %1 pektinaz - %1 glikozoksidaz: Bu çalışma sonunda elde edilen veriler Tablo 3.45’de sunulmuştur. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit edilmiştir. Beyazlık derecesi, banyo pH’ı ve çalışma süresinin artışına bağlı olarak bir miktar artış göstermiştir. Elde edilen beyazlık derecesi en fazla 56,86 Stensby’ı ulaşmıştır. Ancak yeterli bir beyazlık derecesi olduğu düşünülmektedir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalışma parametreleri içerisinde en fazla 90 saniyede ancak 12 mm sütun yüksekliğine ulaşabilmiştir. Sınırlı bir yükselme olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın ultrason banyosu içinde üç enzim birlikte kullanılarak yeterli miktarda haşılının söküldüğü (nişasta makromolekülleri parçalanarak uzaklaşmış), ancak sınırlı miktarda bir su emme yeteneğine (kumaşın yapısında bulunan yağlar, vakslar, pektin gibi yapılar yeterince uzaklaştırılamamıştır) ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir.

%1 glikoamilaz - %3 pektinaz - %1 glikozoksidaz: Bir önceki çalışmada hidrofilite ve beyazlık derecesinin yetersiz kaldığı belirtilmişti. Kumaşın zayıf kalan bu yönlerinden biri olan hidrofilitesini geliştirebilmek için *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz* enzim oranı sabit bırakılıp, *pektinaz* enzim konsantrasyonu %3’e çıkartılarak yeniden çalışılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bölüm 3 Tablo 3.46’da verilmiştir. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit edilmiştir. Çok iyi bir değerdir. Beyazlık derecesi banyo pH’ı ve çalışma süresinin değişimine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Ancak elde edilen beyazlık derecesi en fazla 56,76 Stensby’a ulaşabilmiştir. Sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm ise çalışma parametreleri içerisinde en fazla 90 saniyede 14 mm sütun yüksekliğine ulaşabilmiştir. Sınırlı bir yükselme olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, ancak yine sınırlı miktarda bir su emme yeteneğine ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir.

%1 glikoamilaz - %5 pektinaz - %1 glikozoksidaz: Bir önceki çalışmalarda hidrofilite ve beyazlık derecesinin yetersiz kaldığı belirtilmiştir. Kumaşın zayıf kalan hidrofilitesini geliştirebilmek için *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz* oranı sabit bırakılıp, *pektinaz* konsantrasyonu bu kez %5’e çıkartılarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar bölüm 3 Tablo 3.47’de verilmiştir. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 Tegewa bandında tespit

edilmiştir. Kabul edilebilir sınırlar içindedir. Beyazlık derecesi banyo pH'ı ve çalışma süresinin değişimine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Elde edilen beyazlık derecesi en fazla 56,91 Stensby'ı ulaşmıştır. Sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri ise tüm çalışma parametreleri içerisinde en fazla 90 saniyede 19 mm sütun yüksekliğine ulaşabilmiştir. Bir miktar daha geliştirildiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, ancak orta derecede bir su emme yeteneğine ve yetersiz bir beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir. *Pektinaz* enziminin daha fazla artımanın ekonomik olmayacağı düşünülmektedir.

Üç farklı enzim (*pektinaz*, *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz*) ile tek ultrason banyosunda yapılan kombinasyonlar sonunda çalışma banyosunun pH değerinin 7 civarında olması durumunda en iyi sonuçların alınabileceği tespit edilmiştir. Ancak kumaşın beyazlık değerinin artırılabilmesi için yeni çalışmalar planlanmış ve uygulanmıştır. Bunun için bir sonraki çalışmada ise çalışma banyosunun pH değeri 7'de sabit tutulmak suretiyle 120 dakikaya kadar ultrason enerjinin varlığı ile yokluğundaki durumlar araştırılmış ve sonuçlar ise şu şekilde elde edilmiştir.

Enzim/ultrason kombinasyonlarında ultrasonik banyo içerisinde bulunan kumaş bölüm 2.2.2.2'de detaylı bir şekilde açıklandığı gibi belli bir kıvrımda hareket ettirilmiştir. Bu hareket sayesinde kumaşın lokal olarak etkiye maruz kalmasının ötesinde, tüm yüzeyin homojen bir şekilde etkilenmesi sağlanmıştır. Özellikle ultrasonik banyoda yapılan çalışmalarda kumaş hareketinin fazla olmasıyla birlikte, ultrasonik enerjisinin etkisini kaybedebileceği düşünülerek kumaş hızı sınırlı bırakılmıştır. Bundan sonra yapılan enzimatik/ultrason çalışmaları özellikle ultrasonik banyo içinde kumaş hareketi sağlanarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

%1 glikoamilaz - %5 pektinaz - %5 glikozoksidaz:

Ultrason yok: Denemeler ultrason enerji kullanılmadan 15-30-60-120 dakikalarda yapılmıştır. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 7-8/9 tegewa bandında tespit edilmiştir. Kabul edilebilir sınırlar içindedir. Beyazlık derecesi çalışma süresinden çok fazla etkilenmemiş olup 58 Stensby değerlerinde tespit edilmiştir. Sınırlı bir beyazlık değeridir. Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalışma süreleri içerisinde 90 saniyede 22-28 mm aralığında sütun yüksekliğine ulaşabilmiştir. Çalışma süresinin artmasıyla birlikte

kumaştan çekilen ipliklerin kopma kuvvetlerinde de bir düşüş söz konusudur. 120 dakika çalışma süresi sonunda mukavemet 3,01 N'a düşmüştür.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, ancak orta derecede su emme yeteneğine ve beyazlık derecesine sahip olduğu söylenebilir. Geleneksel yöntemler ile yapılan çalışmalar sonunda haşıl sökme 8 Tegewa iken, hidrofilite sütun yüksekliği 23 mm/90 saniye, ortalama iplik kopma kuvveti 3.80 N ve beyazlık derğeri ise 77,2 Stensby elde edilmiştir.

Ultrason var: Denemeler ultrason enerji varlığında 15-30-60-120 dakikalarda yapılmıştır. Çalışma sonunda haşıl sökme oranı 8-9 tegewa bandında tespit edilmiştir. Beyazlık derecesi çalışma süresinden çok fazla etkilenmemiş olup 58,98-61,01 Stensby aralığında tespit edilmiştir. Beyazlık değeri ultrason kullanılmadan yapılan çalışmalara göre bir miktar daha yüksektir. Bu durumun ultrason enerjiden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kumaşın hidrofilite değeri tüm çalıma süreleri içerisinde 90 saniyede 53-62 mm aralığında sütun yüksekliğine ulaşmıştır. Burada da ultrason enerjinin etkileri görülmektedir. Hidrofilite açısından yeterli sayılabilecek bir düzeydir. Çalışma süresinin artmasıyla birlikte kumaştan çekilen ipliklerin kopma kuvvetlerinde de bir düşüş söz konusudur. 120 dakika çalışma süresi sonunda mukavemet 3,03 N'a düşmüştür.

Banyo pH Değişiminin Araştırılması: Tablo 3.49'deki verilere göre; üç farklı enzim kombinasyonunun tek banyoda birlikte çalışması esnasında başlangıçtaki pH değerinin proses sonuna kadar nasıl bir değişim gösterdiğini tespit etmek için yapılmıştır. Bu işlemde Şekil 2.6'deki çalışma grafiği kullanılmıştır.

Üçlü enzim kombinasyonunun (%1 *glikoamilaz*, %5 *pektinaz* ve %5 *glikozoksidaz*) içinde bulunduğu terbiye banyosunun pH'ı 7.00'ye ayarlandıktan sonra 50°C'de normal çalışma prosesine başlanmış ve her 30 dakikada bir numune alınarak 120 dakika boyunca çalışılmıştır. Zaman ilerledikçe pH değerinin düşmeye başladığı görülmüştür. Bu düşüş 120 dakika sonunda 6.76 olarak tespit edilmiştir. Daha sonra banyo sıcaklığı 80°C'ye çıkartıldığında ısının etkisiyle pH 6.92 olmuştur. Buraya kadar değerlendirilecek olursa *glikoamilaz* ve *pektinaz* enzimlerinin etki alanları olan 50°C ve 7 pH düzeyi işlem süresinde çok fazla bir değişime uğramamaktadır.

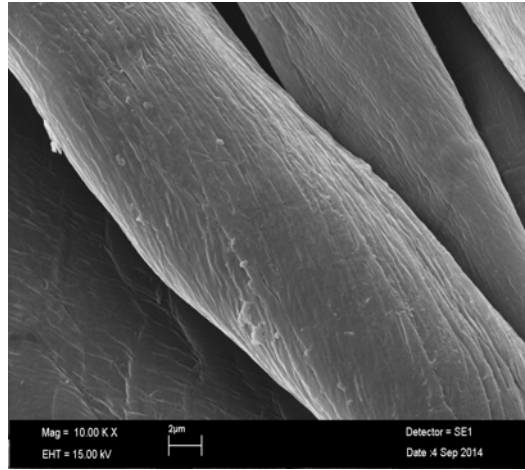
Haşıl sökölme değlerlerine bakıldığında sonuçların oldukça iyi olduğu ve 8-9 Tegewa değlerlerine ulaştığı görölmektedir. *Pektinaz* enziminin de çok iyi çalıştığı söylenebilir. Hidrofilite değleri incelendiğinde sütun yüksekliklerinin yaklaşık 60 mm seviyelerine ulaştığı görölmektedir. Banyoda oluşan hidrojen peroksit miktarı incelendiğinde ise her geçen sürede banyodaki hidrojen peroksit konsantrasyonunun arttığı, oluşan hidrojen peroksitin etkisi ile 80°C’deki çalışma süresince materyalin beyazlık değlerinin arttığı da tespit edilmiştir.

Prosesle devam edildiğinde, 80°C 10 dakika çalışıldıktan sonra banyo pH’ı 10.71 yükseltilerek çalışmaya hafif bazik ortamda devam edilmiştir. Bu sıcaklıkta her 10 dakikada bir numune alınarak 50 dakika çalışılmıştır.

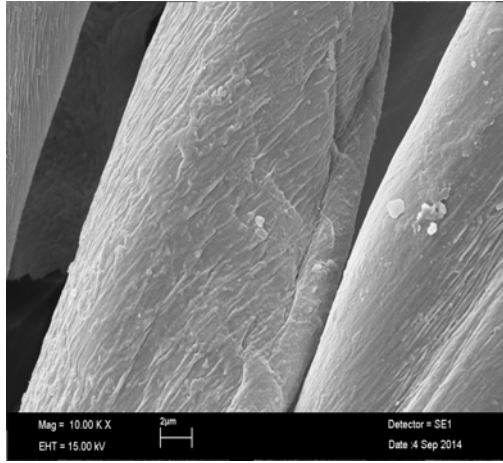
Tüm çalışma süresi sonunda kumaşın haşıl sökme değeri 8-9 Tegewa bandında ilerlemiştir. Hidrofilite değleri ise 90 saniyede sütun yükseklikleri 56-60 mm aralığında tespit edilmiştir. Kumaşın yeterince su yeteneği kazanmış olduğu kabul edilebilir. Beyazlık değleri ise 52 Stensby’den 58 Stensby’lara kadar yükselmiştir.

Üçlü enzim kombinasyonundan elde edilen ön terbiye değleri, *Pektinaz* ve *glikoamilaz* gibi ikili enzim kombinasyonundan elde edilen ön terbiye değlerinden yüksek çıkmıştır. Bunun en önemli nedeninin, üçlü kombinasyonda banyoda oluşan hidrojen peroksitin oksidatif etkisinin de devreye girerek nişastanın parçalanmasına yardımcı olduğu, yağları, vaksları yükseltgeyerek parçalandığı ve tüm bunların neticesinde de hidrofilitenin çok iyi bir duruma gelmiş olduğu düşünölmektedir.

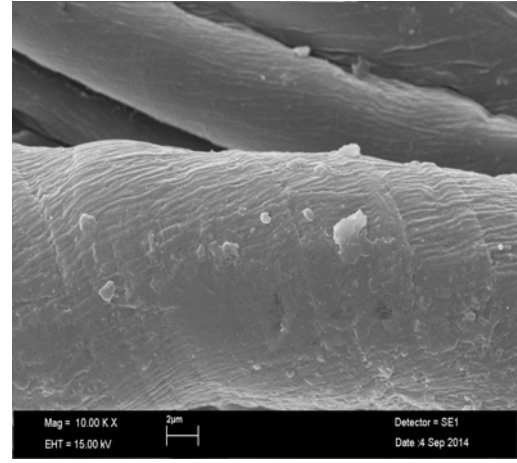
Ayrıca, banyoda hidrojen peroksit oluşmasına rağmen beyazlığın gelişmemesinin nedeni olarak da şu belirtilebilir; oluşan hidrojen peroksitin kumaşın yapısında bulunan renkli pigmentleri parçalamaya fırsat kalmadan kumaşın yapısında bulunan diğer yabancı maddeleri oksitleyerek parçalamış ve doğal renkli pigmentler yeterince parçalanarak beyazlığa etki edememiş oldukları kabul edilmektedir. Buna ilaveten, hidrofilitenin bu kadar çok yükselmesinin de bu durumdan kaynaklanmış olabileceği düşünölmektedir.



Ham Kumaş



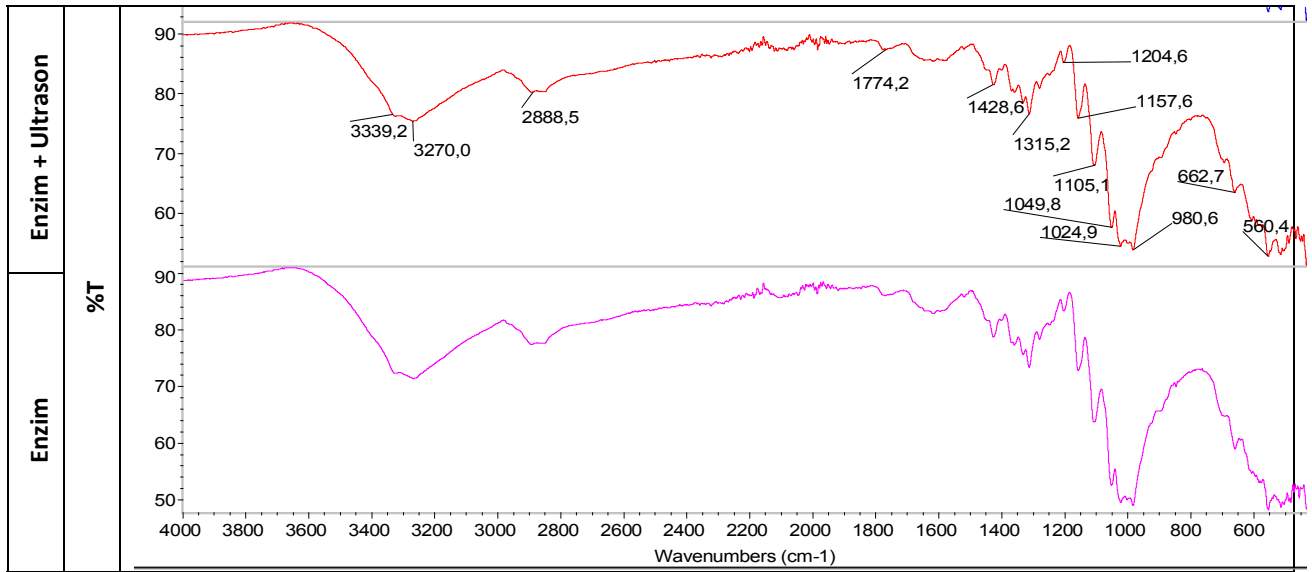
Enzimatik ön terbiye görmüş kumaş (US yok)



Enzimatik ön terbiye görmüş kumaş (US var)

Şekil 4. 17. Enzimatik ön terbiye işlemi görmüş kumaşların SEM görüntüleri

Ham ve enzimatik olarak ön terbiye işlemi görmüş kumaşların kendi aralarındaki ultrasonik enerjiye verdikleri tepkimeler SEM görüntülerinde incelenmiştir. Şekilde verilen görüntüler 10,000 kat büyütülerek alınmıştır. Farklı ön terbiye işlemlerinin kumaş üzerinde her hangibir değişikliğe sebep olmadığı görülmektedir. Fakat ham kumaş üzerinde bulunan haşıl maddesinin parçalanmasıyla birlikte yüzeyde bir miktar pürüzlenmenin olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4. 18. Enzimatik ön terbiye işlemi görmüş kumaşların FT-IR görüntüleri

Ön terbiye işlemlerinden sonra enzimlerin ve ultrasonun etkilerini izleyebilmek için infrared spektrumları da alınmıştır. Karşılaştırmalarda ise ham kumaşın spektrumları ile yapılmıştır. Daha önceki bölümde ham kumaşın spektrumu verildiği için burada tekrarlanmamıştır. Literatürde selülozun kimyasal yapısı için verilen bazı bantlar şu şekildedir. Hidrojen bağları için OH $3550\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ gerilme (stretching), CH gerilmesi (stretching) ise $2800\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ [186], COO^- asimetrik (asymmetrical) gerilmesi 1617 cm^{-1} de ve CH sallanma (wagging) ise 1316 cm^{-1} [187] olarak belirtilmiştir. Fakat pamuklu kumaşların ultrason varlığında enzimatik ön terbiyesi esnasında FT-IR bantlarında ciddi bir değişime rastlanılmamıştır.

Sonuç olarak elde edilen bu değerler neticesinde ultrason enerjisi varlığında kumaşın yeterli miktarda haşılının söküldüğü, hidrofil özellik kazandığı ancak orta derecede beyazlığa sahip olduğu söylenebilir.

Çalışmanın bu kısmından sonra, ön terbiyesi yukarıda bahsedildiği gibi üçlü enzim kombinasyonu ile yapılan kumaşlar doğal boyalar ile boyanacakları için elde edilen beyazlık derecesi yeterli kabul edilebilir. Bütün bu incelemeler sonunda pamuklu kumaşlara boya altı ön terbiye özellikleri kazandırılması açısından ultrason varlığında, 7 bnayo pH'ında ve 60 dakika süresince çalışma şekli önerilmektedir.

Optimize Enzimatik Ön Terbiye İşlemleri Sonrası Doğal Boyalarla Renklendirme

Enzimatik olarak farklı enzimler kullanılmasıyla birlikte tek bir ultrasonik banyoda selüloz esaslı pamuklu kumaşların ön terbiye işlemleri başarıyla gerçekleştirildikten sonra, banyo boşaltılmayıp aynı banyo içinde boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi 80°C’de bir saat süreyle yapılmıştır. Boyamalarda dört farklı boyarmadde kaynağı kullanılmıştır. İlgili bitkilerin ekstrakte işlemleri önceden yapılmamış olup, bitkiler toz şeklinde banyoya katılarak hem boyanın ekstrakte işlemi gerçekleştirilmiş, hem de boyamaları yapılmıştır. Boyama esnasında ise metal tuzu olarak her hangi bir mordan maddesi kullanılmamıştır.

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S değerleri:

Sadece enzim ile ön terbiyesi yapılmış kumaşların doğal boyalar ile yapılan boyamalarında, NK ile kahve (a^* ve b^* değeri 4.35 ve 25.39), FK ile devetüyü (a^* ve b^* değeri 3.56 ve 16.31), PAY ile açık sarı (a^* ve b^* değeri 2.36 ve 14.50) ve HC ile gri (a^* ve b^* değeri 1.66 ve 10.38) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde 76 puan ortalama değer ile açık renk tonları olduğu görülmüştür. PAY>FK>HC>NK şeklinde bir parlaklık sıralaması görülmüştür. K/S renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise 2.43 puan ile NK dır.

Enzim/ultrason kombinasyonu ile ön terbiyesi yapılmış kumaşların doğal boyalar ile yapılan boyamalarında ise, NK ile açık kahve (a^* ve b^* değeri 2.13 ve 11.51), FK ile bej (a^* ve b^* değeri 2 ve 10.14), PAY ile açık yeşil (a^* ve b^* değeri 1.62 ve 11.75) ve HC ile açık gri (a^* ve b^* değeri 1.33 ve 10.15) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde 73 puan ortalama değer ile açık renk tonları olduğu görülmüştür. K/S renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise yine NK’dır. Renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile yapılan boyama sonuçlarına çok bezemektedir.

Boyalı kumaşların haslık test sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için hem enzim hem de enzim/ultrason kombinasyonu ile ön terbiyesi yapılan kumaşların boyamaları sonrasında yıkama haslıkları 4/5-5 puan, sürtme haslıkları 4/5-5 puan ve ter haslıkları 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir.

Tablo 4. 18. **Öneri 1:** Enzim/Enzim-Ultrason-Doğal Boya Kombinasyonu

Kimyasalın Adı/Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Tek Banyo/Semikontinü
	Banyo	Ultrason enerjisi
	Flotte Oranı	1/100
Ön Terbiye İşlemleri	Enzim	% 1 <i>Glikoamilaz</i>
		% 5 <i>Pektinaz</i>
		% 5 <i>Glikozoksidaz</i>
	Islatıcı	1 ml/lt
	pH (Asetik Asit)	7
	Sıcaklık (°C)	50
	Süre (dakika)	30
	Sıcaklık (°C)	80
	Süre (dakika)	30
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Sıcaklık (°C)	80
	Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı yıkama	-
	Sabunlu yıkama	100(°C)'de 10dak.
	Sıcak yıkama-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Çalışma grafiği	Enzimatik Ön Terbiye Doğal Boyama	

Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir. Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 4-4/5 puan, diğer doğal boyalar için ise 1-3 puan aralığının da tespit edilmiştir. NK ile yapılan boyamaların sonuçları yeterli iken diğerlerinin ışık haslıkları düşük çıkmıştır. Nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaş için önerilen ultrason tek banyo ön terbiye ve boyama proses parametreleri Tablo 4.6’da verilmiştir.

4.2.3. Ozon Gazının Ön Terbiye İşlemlerinde Etkisi

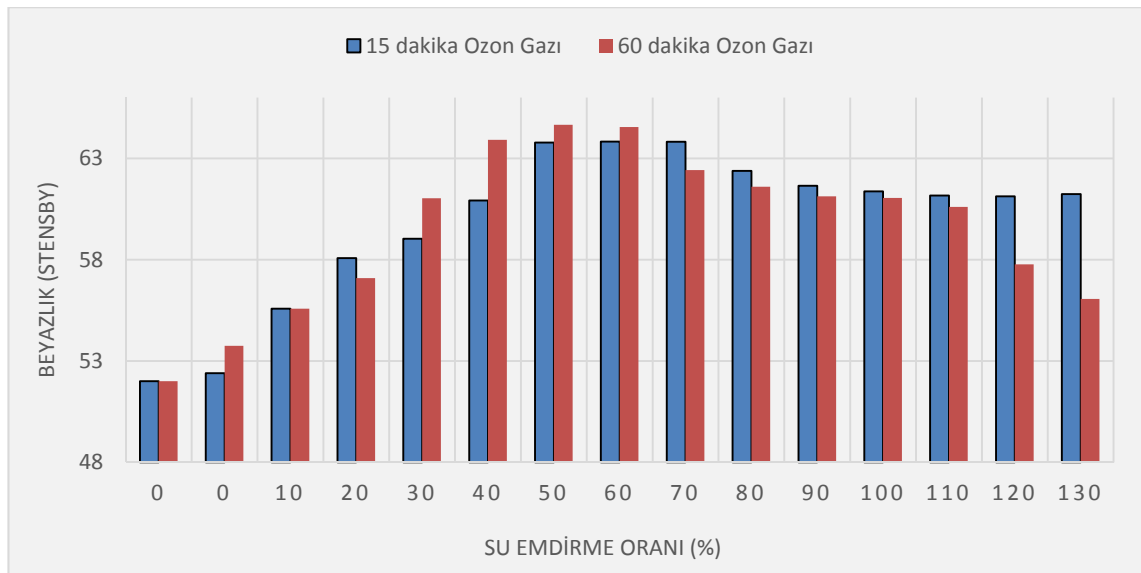
Ozon Gazı ile Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu

Ozon gazı ile yapılan uygulamalarda çalışma parametreleri içinde banyo pH değerinin 7 olması birçok çalışmada bilim adamları tarafından açıklanmıştır [190]. Bu nedenle yeniden banyo pH değeri için çalışma yapılmayıp tez çalışmasında da banyo pH’ları 7 olarak hazırlanmış ve kullanılmıştır. Diğer parametrelerin tespiti için ise kumaşa farklı oranlarda (% 0, %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100, %110, %120 ve %130) su emdirilerek oda sıcaklığında ayrı ayrı 15 ve 60 dakika boyunca Şekil 2. 29’daki kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmışlardır. Bu çalışmalar sonunda şu sonuçlar elde edilmiştir.

Banyo pH değeri 7’de sabit tutulup ayrı ayrı 15 ve 60 dakika boyunca 14 farklı neme sahip kumaşlara kapalı sistemde ozon gazı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ozon gazının su emdirilmiş kumaştaki ön terbiye etkisi maksimum %50-70 pick-up aralığında görülmektedir (Şekil 4.13 ve 14). Ancak bu denemeler iki farklı zaman diliminde yapıldığı, su, zaman ve enerji tüketimi gibi nedenlerden dolayı bu aralık içinde ön terbiye etkileri çok fazla bir değişim göstermediği için kumaşın %50 nem ile elde edilen sonuçları ideal gözükmektedir. Haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık derecesi ve ortalama iplik kopma kuvveti üzerinden en ideal su emdirme oranının %50 nemli ve ozon gazı uygulama süresinin de 15 dakika süreyle olabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışma parametrelerinde kumaşın haşıl sökme değeri 4 Tegewa, hidrofilitesi 15 mm/90 saniye, beyazlık derecesi 63,78 Stensby ve ortalama iplik kopma kuvveti ise 4,30 N olarak tespit edilmiştir. Özellikle kumaşın beyazlık artışı %23 civarındadır. Kumaş üzerindeki nem miktarı %100 ikin 15 dakikalık çalışma sonunda beyazlık 61,37 Stensby’a, nem miktarı %130 olduğu zaman ise 61.24 Stensby’a düşmüştür. Beyazlıktaki benzer düşme eğilimi

60 dakikalık çalışma süresinde de görülmektedir. Hidrofilite değeri çok fazla değişmemiş, haşıl sökme değeri is 5 Tegewa olarak elde edilmiştir.

İki farklı ozon gazı uygulama süresindeki materyalde meydana gelen mukavemet değişimlerinde, 15 dakika ozon gazına maruz kalan kumaşların kopma kuvvetleri 60 dakika ozon gazı uygulanan kumaşlara nazaran daha düşüktür. Özellikle pick-up değerinin %50 nem üzerindeki değerlerde etkilenme çok fazla olmamaktadır. 15 ve 60 dakika boyunca ozon gazına maruz kalan ve farklı neme sahip kumaş numunelerinin beyazlık değişimini gösteren grafik ilgili Şekil 4.16’de verilmiştir.

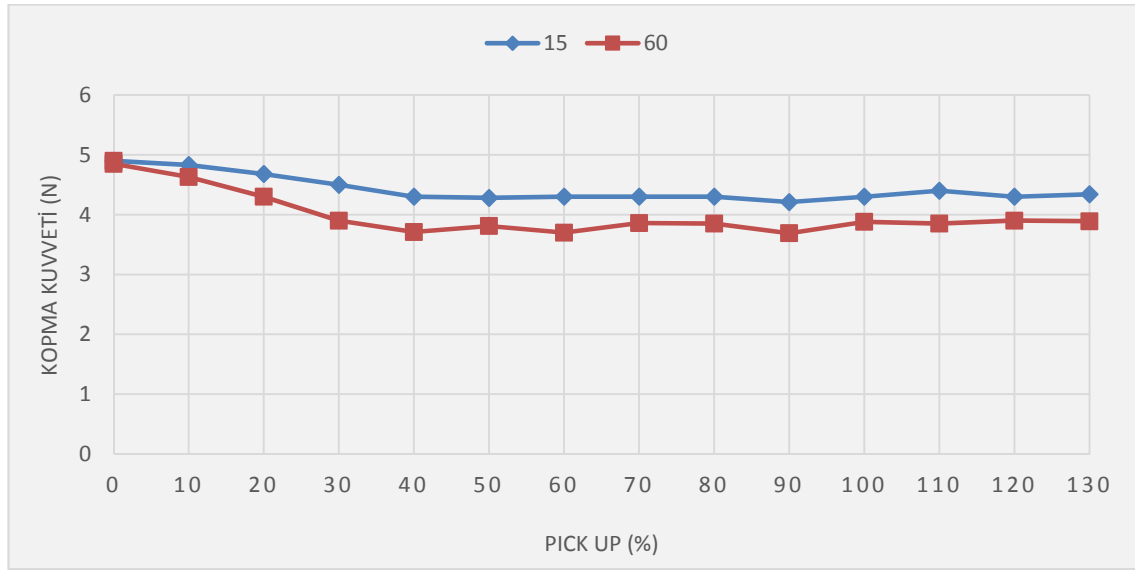


Şekil 4. 19. Farklı neme sahip kumaşların 15 ve 60 dakika ozon gazı uygulaması sonrasında meydana gelen beyazlık değişimi

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde kumaş üzerindeki nem miktarının artırılması ile beyazlık değerinin düşmeye başladığı görülmüştür. Aynı şekilde kumaş üzerindeki nem miktarı yeterli değil ise benzer şekilde beyazlık düşük çıkmaktadır. Demek ki, kumaş üzerindeki su miktarı ozon gazının beyazlatma üzerine etkili olduğu görülmektedir. Nem miktarı yani yapıda bulunan su ozon gazını kumaşın bütün yüzeyine taşıma yapmakta yani kütle transferini gerçekleştirmektedir. Fazla miktarda su ise ozon gazının parçalanarak oksidatif etkisini azalmakta, ideal nem ile de yeterli düzeyde beyazlık elde edilebilmektedir.

Perinçek *et al.*, 2007’de yaptıkları çalışmada, pamuğun ozon gazı ile ağartılmasında, ozon gazının ipliğin yapısındaki fibrillere kadar ulaşmasının önemli olduğunu, bununda suda çözünen ozonun su ile elyafa transfer edilebileceğini bildirmiştir. Ozonun transferini şu şekilde açıklar; * Ozonun gaz fazından sıvı-gaz ara yüzey sınırına transferi, * Ozonun sıvı film ara yüzeyinden sıvı bölgesine transferi, * Ozon moleküllerinin sıvı bölgesinden lifi saran sıvı tabakasına konveksiyonu ve difüzyonu, * Ozon ve OH⁻ iyonlarının life difüzyonu, * Lifler arası kütle transferi, * Lif içi kütle transferi [101].

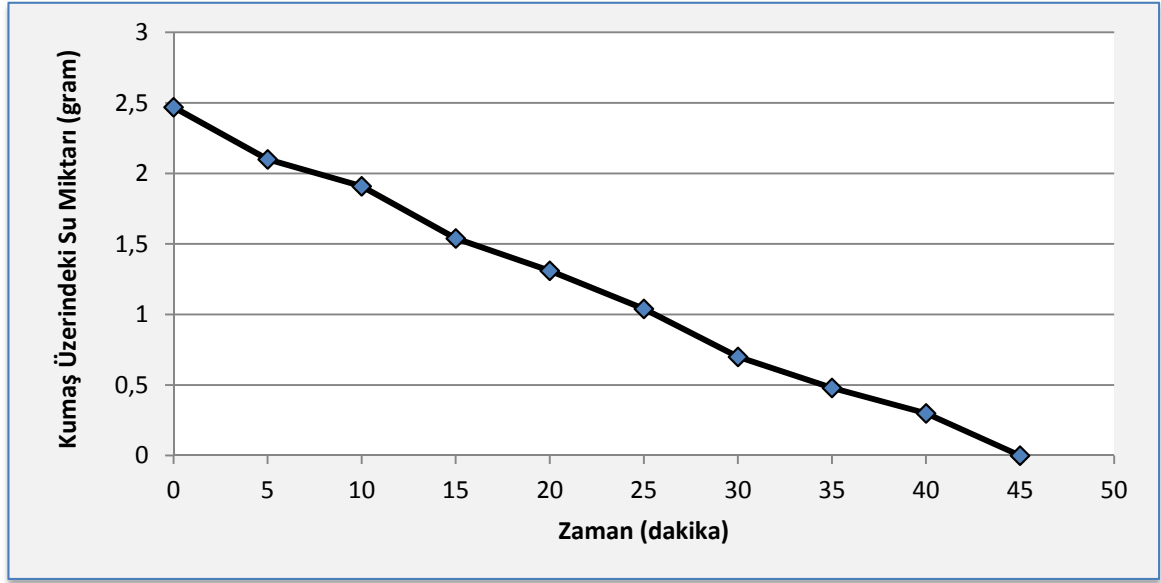
Sonuç olarak; pH'ı 7 olarak hazırlanmış banyolarda 15 ve 60 dakika boyunca farklı neme sahip kumaşa uygulanan ozon gazının uygulaması sonunda kumaşta meydana gelen beyazlık değişiminin çok farklı olmadığı görülmüştür.



Şekil 4. 20. Farklı neme sahip kumaşların 15 ve 60 dakika ozon gazı uygulaması sonrasında meydana gelen mukavemet değişimi

Ozon gazı uygulaması ile kumaş üzerinden suyun uzaklaşma hız tespiti için ilk olarak kumaşa %130 oranında pH=7 olan su emdirilmiştir. Kapalı sistemde ozon gazına maruz kalan kumaş numunesi her geçen süre içinde nemini kaybetmektedir. Her beş (5) dakikada bir kumaşın toplam ağırlığı ölçülmüştür. 5 L/dakika hızdaki ozon gazı etkisi ile yaklaşık olarak 45 dakika sonra kumaş numunesi üzerinde kalan nem miktarı sıfırlanmıştır. Yani kumaş numunesi tamamen kuruyarak ilk ağırlığına gelmiştir. Buradan çıkartılabilecek en önemli sonuç; 15 dakikalık ozon gazı uygulaması sonunda kumaş

numunesi üzerinde yaklaşık olarak %50 civarında nem içerdiğinin tespit edilmesidir. Şekil 2.10’de verilen deney düzeneğinde birim zaman içinde kumaş numunesinin kaybettiği nem miktarının tespiti için yapılan çalışmanın sonuçları Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4. 21. Kumaş üzerindeki suyun ozon gazı uygulamasıyla birlikte zamana bağlı değişim grafiği

Dolayısıyla zaman, su tüketimi ve enerji tasarrufu da dikkate alındığında Tablo 4.7’de proses parametreleri verilen çalışma reçetesi önerilmektedir. Optimize edilen bu parametreler diğer çalışmalarda da aynı şekilde kullanılmıştır.

Böylece sadece geleneksel yöntemlerle elde edilen ön terbiye (haşıl sökme, hidrofilite, ağartma vb.) işlemine çevre dostu bir yöntem olan ozon gazı ile ön terbiye işleminin alternatif olabileceği tespit edilmiştir. Ozon gazı ile ön terbiye işlemleri tamamlanan kumaşların doğal boyalar ile nasıl bir etki göstereceğini tespit etmek için ise boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonrasında optimize edilen ozon prosesine göre (15 dakika ozon ve %50 nem) işlem gören kumaşlar bölüm 2.3.6’da anlatıldığı gibi boyanarak çevre dostu alternatif bir terbiye hattının belirlenmesine çalışılmıştır.

4.2.3.1. Ozon Gazı - Doğal Boya Kombinasyonu

Ozon gazı için optimize edilen çalışma parametreleri ile ön terbiye işlemi gerçekleştirilen kumaşlar, hem direkt olarak hem de daha önceden ekstrakte edilmiş olan NK, FK, PAY ve HC ile mordan maddesi kullanılmadan boyanmışlardır. Boyama sonunda elde edilen değerler ise şunlardır;

CIE LAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

Boyaların ekstraktesi kullanılarak yapılan boyamalarda, NK ile açık kahve (a^* ve b^* değeri 5.35 ve 24.39), FK ile açık pembe (a^* ve b^* değeri 4.56 ve 15.31), PAY ile bej (a^* ve b^* değeri 3.35 ve 15.51) ve HC ile gri (a^* ve b^* değeri 2.67 ve 11.37) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde 75 puan ortalama değer ile açık renk tonları olduğu görülmüştür. Renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise NK dır.

Direkt boyamalarda ise, NK ile açık kahve-haki (a^* ve b^* değeri 3.14 ve 12.50), FK ile açık pembe (a^* ve b^* değeri 3.01 ve 11.04), PAY ile bej (a^* ve b^* değeri 2.82 ve 12.74) ve HC ile açık mavi-gri (a^* ve b^* değeri 2.93 ve 11.05) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde 83 puan ortalama değer ile açık renk tonları olduğu görülmüştür. Renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise yine NK'dır. K/S renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler bölüm 3.1'de ön terbiye işlemi görmüş mordansız yapılan doğal boyama sonuçlarına çok benzemektedir.

Ekstrakte edilen renkler, direkt boyamalara göre daha mat ve donuk oldukları söylenebilir. Ekstraksiyon süresinin fazla olması doğal boyanın yapısında bulunan bazı kimyasal gruplara zarar verdiği ve bu nedenle donuk renkler oldukları düşünülmektedir. Özellikle HC bitkisinde bu etki daha fazla hissedilmektedir.

Boyalı kumaşların haslık testleri sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için hem direkt hem de ekstrakte ile yapılan boyamalarda yıkama haslıkları 4/5-5 puan, sürtme haslıkları 4/5-5 puan ve ter haslıkları 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir.

Tablo 4. 19. **Öneri 2:** Nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaş için önerilen ozon gazı ön terbiye proses parametreleri. Ozonizasyon

Kimyasalın Adı/Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Kapalı Sistem/Diskontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	Ozon Gazı Besleme Hızı (lt/dakika)	5
	Emdirilen Su pH (Asetik Asit)	7
	Pick-up (%)	50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	15
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık (°C)	20-25
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Sıcaklık (°C)	80
	Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı yıkama	-
	Sabunlu yıkama	100(°C)'de 10dak.
	Sıcak yıkama-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Çalışma grafiği	Ozonizasyon Doğal Boyama * Boyanacak Materyal * Doğal Boyarmadde	

Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 4/5-5 puan, diğer doğal boyalar için ise 1/2-3 aralığının da tespit edilmiştir. NK hariç diğer bitkilerin sonuçları da önceki çalışmalardan elde edilen verilere benzemektedir. Işık haslıklarını artırabilmek için Bölüm 4.1’de açıklanan yöntemlerden biri uygulanabilir.

4.2.3.2. Çeşitli kimyasallar ile Ozon gazının Kombinasyonu

Ozon gazının kumaş üzerindeki ön terbiye etkilerini artırabilmek için özellikle oksidatif etkiler gösterebilen bazı kimyasal maddeler ile ozon kombine edilerek çalışmalar planlanmış ve yapılmıştır. Kullanılan kimyasalların konsantrasyonlarının düşük tutulmasına özellikle dikkat edilmiştir. Bu kimyasallar ise hidrojen peroksit, bakır sülfat, sodyum persülfat ve sodyum perborat olarak sıralanabilir.

Tez kapsamında çevre dostu bir yöntem olarak belirtilen ozon gazı ile oksidatif maddelerin kombinasyonları farklı çalışma reçeteleri ile yapılmıştır. Buradan beklenen ise geleneksel yöntemlerden elde edilen ön terbiye özelliklerini, çevre dostu yöntemler ile daha az zaman, enerji ve su tüketimi ile sağlayabilmektir.

Bütün bu çalışmalarda %50 kumaş nem oranı, 15 ve 60 dakika ozon gazı ile muamele edilecek şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca her iki durum için kör denemeler (Kör deneme; yapılan deneme çalışmasında ozon hariç diğer madde ve çalışma prosesleri aynı olan kumaş numunesi) yapılarak sonuçların karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Bu denemelerden elde edilen sonuçlar ise şunlardır;

4.2.3.2.1. Ozon Gazı-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu

Hidrojen peroksitin yükseltgen özellikleri çok iyi bilinmektedir. Özellikle ön terbiye işlemlerinde ağartma maddesi olarak kullanımı oldukça yaygındır. Hidrojen peroksitli ağartma reçeteleri yoğun kimyasal madde içerir ve iyi ağartma etkileri ise genelde yüksek sıcaklıklarda alınabilir. Bu çalışmalarda zaman, enerji ve su tüketimi oldukça fazladır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise şu şekilde verilmiştir;

1.deneme: 40 ml/L H₂O₂ (%35) konsantrasyonda ve 7 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen kumaş kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır.

Mukavemet açısından sonuçlar değerlendirilecek olursa; 4.80 N olan ham kumaştan çekilen ortalama iplik kopma kuvveti, 15 ve 60 dakika çalışmaları sonunda sırasıyla 4.10

N ve 4.00 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı kabul edilebilir sınırlar içindedir. Geleneksel hidrojen peroksit ağartması (Tablo 3.1) sonunda ortalama iplik kopma kuvveti 3.80 N olarak tespit edilmişti. Ozon-hidrojen peroksit kombinasyonu oda sıcaklığında gerçekleştiği için selülozun oksidatif parçalanma etkisinin de sınırlı kaldığı ve kopma kuvvetinin de daha az olduğu düşünülmektedir.

Haşıl sökme açısından değerlendirilecek olursa 15 ve 60 dakika süreyle ozon gazına maruz kalan numunelerde haşıl sökme değeri 5/6 Tegewa iken, sadece ozon gazı kullanılması durumunda ise 15 dakika çalışma sonunda 4 Tegewa değeri elde edilmişti. Ozon-hidrojen peroksit kombinasyonu ile 60 dakika çalışıldığında haşıl sökme değeri 1-2 puanlık bir artış göstermektedir. Bu artışta hidrojen peroksit etkin olduğu nişasta makromoleküllerinin parçalanmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir.

Hidrofilite açısından değerlendirilecek olursa 15 ve 60 dakika süreyle ozon gazına maruz kalan numunelerde sütun yükseklikleri sırayla 1 mm ve 20 mm/90 saniyeye olarak tespit edilmiştir. Özellikle 60 dakikalık çalışma süresinde (20 mm) dikkate değer bir artış söz konusudur. Burada da hidrojen peroksitin yükseltgen etkisi ile yapıda bulunan yağların, vakslar, pektinin vb. diğer yapıların yükseltgenmesi sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Geleneksel yöntemler sonunda ise bu değer 23 mm/90 saniye olarak tespit edilmişti. Elde edilen değerler ön terbiye açısından kabul edilebilir sınırlar içindedir.

Beyazlık açısından değerlendirilecek çalışma süresine bağlı olarak beyazlık derecesi artmıştır. Sadece ozon gazı kullanıldığında elde edilen beyazlık derecesi 63,78 Stensby (%50 nem ve 15 dak. ozon) iken ozon-hidrojen peroksit kombinasyonunda 15 dakika çalışma sonunda 63.48, 60 dakika çalışıldığında ise 66.00 Stensby'a yükselmiştir. Hidrojen peroksitin oksidatif etkisi bu çalışmada net olarak görülmüştür. Elde edilen değerler ön terbiye açısından kabul edilebilir sınırlar içindedir.

2.deneme: Bu çalışmada ise ortam bir miktar alkali hale getirilmiştir. 40 ml/L H₂O₂ (%35'lik) konsantrasyonda ve 11,5 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen kumaş numuneleri kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 1.denemeye göre bazik bir çözelti ile 15 ve 60 dakika çalışmalarında 4.80 N olan ortalama iplik kopma kuvveti, işlemler sonunda sırasıyla 4.07 N ve 3.96 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı

kabul edilebilir sınırlar içindedir. Haşıl sökme değeri 6/7 Tegewa elde edilmiş olup geleneksel yöntemle elde edilen sonuca yaklaşmıştır.

Hidrofilite değeri 60 dakika çalışma süresi sonunda sütun yüksekliği 19 mm/90 saniyeye ulaşmıştır. Hem hidrojen peroksitin aktivitesi, hem de bazik ortamın yapıda bulunan yağları, vaksları vb. sabunlaştırmak suretiyle uzaklaşmasına ve böylece kumaşın su emme yeteneğinin artmasına denem oldukları düşünülmektedir.

Beyazlık değeri 63,51 Stensby civarında çıkmıştır. Bu değer sadece ozon kullanılası durumunda (63.78 Stensby) elde edilen sonuca çok yakındır. Alkali ortam verileri nötr ortam verilerine (66 Stensby) göre daha düşüktür. Banyodaki alkali ile hidrojen peroksitin hızla parçalanmasıyla oluşan etkinin selülozun parçalamasında kullanılmış olabileceği ve böylece de nötr ortama göre mukavemetin (3.96 N) bir miktar daha düşmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

3.deneme: Bu çalışmada ise ortam daha da alkali hale getirilmiştir. 2 gr/L ıslatıcı ile 40 ml/L H₂O₂ (%35) Konsantrasyonda ve 14 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen kumaş kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 1.ve 2. denemelere göre çok daha bazik bir çözelti ile 15 ve 60 dakika çalışmalarında 4.80 N olan ortalama iplik kopma kuvveti, işlemler sonunda sırasıyla 3.98 N ve 3.96 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı kabul edilebilir sınırlar içindedir. Bazik ortamın artmasıyla birlikte nişasta makromolekülleri parçalanmaya başladığı için haşıl sökme derecesi da artmış olup 60 dakika çalışma ile 8 Tegewa'ya kadar yükselmiştir.

Ayrıca hidrofilite değerleri de 60 dakika ozonlama sonunda sütun değeri 90 saniye sonunda 25 mm'ye ulaşmıştır. Beyazlık değerleri ise 63-64 Stensby aralığında gerçekleşmiştir. Sonuçlar tüm veriler açısından tatmin edicidir. Geleneksel yöntemler ile elde edilen sonuçlara benzemektedir.

4.deneme: Bu çalışmada ise 1.denemeden farkı kullanılan Hidrojen peroksit konsantrasyonudur. 80 ml/L H₂O₂ (%35) Konsantrasyonda ve 7 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen kumaş 15 ve 60 dakika süresince kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 15 ve 60 dakika çalışmalarında 4.80 N olan ham kumaşın kopma kuvveti işlemler sonunda sırasıyla 4.1 N ve 3.96 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı kabul edilebilir sınırlar içindedir.

Hidrojen peroksit konsantrasyonun 2 katına çıkartılması ile materyalin beyazlık değeri ilk duruma göre 66.00 Stensby'dan 67.23 Stensby'a yükselmiştir. Beyazlık değeri bir miktar daha yükselmiştir. Haşıl sökölme ve hidrofilite açısından değerlendirilecek olursa 60 dakika süreyle ozon gazına maruz kalan numunelerde bu değerler sırasıyla Tegewa değeri 5/6 puanlara, sütun yüksekliği ise ortalama 15 mm'ye yükselmiştir.

5.deneme: Bu çalışmada ise 4. denemeden farkı çözeltide 2 gr/L ıslatıcı bulunmasıdır. 80 ml/L H_2O_2 (%35) konsantrasyonda ve 7 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile emdirilen kumaş kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 15 ve 60 dakika çalışmalarında 4.80 N olan ham kumaşın kopma kuvveti işlemler sonunda sırasıyla 4.02 ve 3.85 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı kabul edilebilir sınırlar içindedir. Hidrojen peroksit konsantrasyonun 2 katına çıkartılması ile materyalin beyazlık değeri ilk duruma göre 66.00'dan 67.26 Stensby'a yükselmiştir.

Haşıl sökölme ve hidrofilite açısından değerlendirilecek olursa 15 ve 60 dakika süreyle ozon gazına maruz kalan numunelerde bu değerler sırasıyla Tegewa değeri 6 puanlara, sütun yüksekliği 20 mm/90 saniye'ye yükselmiştir. Banyoya ıslatıcı ilavesi sonrasında hidrofilite haricindeki ön terbiye etkileri ıslatıcı kullanılmaması durumundaki değerler ile hemen hemen aynı kalmasına rağmen, ıslatıcı kullanımı ile kumaşın hidrofilite değeri bir miktar artmıştır (sütun yüksekliği 15 mm/90 saniye'den 20 mm/90 saniye yükselmiştir). Bu etkinin yalancı hidrofilite de olabileceği unutulmamalıdır.

6.deneme: Bu denemede ise çalışmalarda kullanılan ıslatıcının etkisi incelenmiştir. 7 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti sadece 2 gr/L ıslatıcı ilave edilerek denemeler gerçekleştirilmiştir. 5, 15 ve 60 dakika süresince kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 5, 15 ve 60 dakika çalışmalarında 4.80 Newton olan ham kumaşın kopma kuvveti işlemler sonunda sırasıyla 4.61 N, 4.29 N ve 4.03 N'a düşmüştür. Bu mukavemet kaybı kabul edilebilir sınırlar içindedir. Haşıl sökölme değerleri 3-4 puan, hidrofilite değerleri 10 mm ve beyazlık değerleri ise 61-65 Stensby aralığında gerçekleşmiştir.

Buna göre; *ağartma banyosu için 40 ml/L H_2O_2 (%35'lik), çözelti pH=7, pick-up %50 ve kapalı sistem ozon gazı uygulama süresi ise 60 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi* önerilmektedir.

Önerilen ön terbiye işlemi ile terbiyesi yapılan kumaş numuneleri daha sonra doğal boyalar ile göstereceği etkileşimi tespit edebilmek için önceden ekstrakte edilmiş NK, FK, PAY ve HC ile mordan maddesi kullanılmadan bölüm 2.3.6'da anlatıldığı gibi boyanmışlardır. Elde edilen sonuçlar ise şunlardır;

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri:

NK ile açık kahve (a^* ve b^* değeri 3.07 ve 13.98), FK ile açık pembe (a^* ve b^* değeri 5.48 ve 9.9), PAY ile bej (a^* ve b^* değeri 0.77 ve 13.51) ve HC ile gri (a^* ve b^* değeri 3.77 ve 11.36) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde $PAY > FK > HC > NK$ sıralaması görülmektedir. Açık renk tonları olduğu görülmüştür. Renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise 4.05 ile NK bunu izleyen HC, FK ve PAY olarak sıralanmaktadır. Renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile yapılan boyama sonuçlarına çok benzemektedir.

Boyalı kumaşların haslık testleri sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için hem direkt hem den ekstrakte ile yapılan boyamalarda yıkama haslıkları 4/5-5 puan, sürtme haslıkları 4/5-5 puan ve ter haslıkları 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir.

Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 4/5 puan, diğer doğal boyalar için ise 2-3 aralığın da tespit edilmiştir. NK hariç diğer bitkilerden elde edilen haslık sonuçları yeterli değildir. Bu sonuçlar; geleneksel yöntemler ile mordansız yapılan boyamalardan elde verilere benzemektedir.

Tablo 4. 20. **Öneri 3:** Ozon- Hidrojen Peroksit-Doğal Boya Kombinasyonu

Kimyasalın Adı/Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Semikontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	H ₂ O ₂	40 ml/L
	pH (Asetik Asit)	7
	Pick-up	% 50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	60
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık (°C)	20
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Sıcaklık (°C)	100
	Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı yıkama	-
	Sabunlu yıkama	100(°C)'de 10dak.
	Sıcak yıkama-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Çalışma grafiği	Ozon/H₂O₂ Doğal Boyama * 40 ml/L H₂O₂ (%35) * % 50 pick-up 60 dk Ozon 25°C Yıkama * Boyanacak Materyal * Doğal Boyarmadde 25°C 1,5-2°C/dk 100°C 60' Yıkama	

4.2.3.2.2. Ozon Gazı-Bakır Sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)-Hidrojen Peroksit Kombinasyonu

H_2O_2 'nin parçalanma hızını etkileyen metal iyonlarının araştırılması üzerine yapılan bir çalışmada; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ tuzundaki Cu^{+2} metal iyonu [4] ve partiküllerin katalitik etki meydana getirme kapasiteleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada ağartma flottesindeki bakır ve Mangan ($\text{MnSO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) iyonunun katalitik etkisinin; demir, kurşun, nikel, çinko gibi metal iyonlarından çok daha fazla olduğunu bildirilmiştir [185].

Yukarıda elde edilen bakır iyonları ile ilgili veri sonunda; bu çalışmada bakır sülfatın ozon-hidrojen peroksit üzerine yapmış olduğu katalitik etkiden faydalanarak kumaşların ağartma etkileri araştırılmıştır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise şu şekilde verilmiştir;

1. 2. ve 3. deneme: Yapılan ilk üç denemede bakır sülfat konsantrasyonu 1 gr/L sabit tutulup, 2. ve 3. denemede 40 ml/L ve 80 ml/L H_2O_2 (%35) konsantrasyonda ve 7 pH değerinde hazırlanmış olan çözelti ile %50 pick-up olacak şekilde emdirilen kumaş 15 dakika süresince kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakılmıştır. 1. ve 2. denemelerdeki özellikle hidrofilit ve haşıl sökölme değerleri düşük olup beyazlık değerlerinde ciddi bir artış olmamıştır. Özellikle hidrojen peroksit konsantrasyonu 80 ml/L'ye çıkartıldığına ise emdirme çözeltisinde çökelmeler başlamıştır.

Çökelti oluşumunu önleyebilmek için; Banyo pH değeri 7 olarak ayarlandıktan sonra ilk olarak banyoya bakır sülfat ilave edilmeli ve homojen bir şekilde çözünmesi sağlanmalıdır. Daha sonra kullanılacak hidrojen peroksit yavaş yavaş ilave edilerek homojen karışımı sağlandıktan sonra bekletilmeden hızla kumaşa emdirme işlemi yapılarak ozonlama işlemine geçilmelidir.

4. 5. ve 6. denemelerde Bakır sülfat konsantrasyonu 1/10 oranında azaltılarak benzer hidrojen peroksit konsantrasyonlarında çalışıldığında bakır sülfatın katalitik etkisi daha da belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. İlgili çözeltilerin emdirildiği materyal 15 dakika süresince kapalı sistemde ozon gazına maruz bırakıldığında hidrojen peroksit konsantrasyonun 2 katına çıkartılmasıyla beyazlık değerleri de artmıştır. 64-65 Stensby beyazlık değerine ulaşılmıştır. Haşıl sökölme değerleri 5 Tegewa ve hidrofilit değeri ise 90 saniyede 8 mm'lere ulaşmıştır. Sonuçlar beyazlık açısından tatmin edici düzeyde olsa da haşıl sökölme ve hidrofilit açısından yeterli değildir.

7. 8. ve 9. denemelerde 4, 5 ve 6. denemelerdeki Ozon gazı uygulama süresi 15 dakikadan 60 dakikaya çıkartılarak çalışmalar yapılmıştır. Ozonlama süresinin artmasıyla birlikte beyazlık değerlerinde de artış söz konusudur. Özellikle 9. denem sonunda beyazlık 67.89 Stensby'a ulaşmıştır. Bakır iyonlarının katalitik etkisi iyiden iyiye kendini göstermiş olup, ortalama iplik kopma kuvveti 9. Deneme sonunda 3.76 N'a kadar düşmüştür. Ancak ozonlama süresinin artırılmasına rağmen haşıl sökölme 5 Tegewa değerine ulaşırken, hidrofilite değeri ise 9 mm/90 saniye ulaşmıştır.

Bu denemeler ışığında ozon gazı-bakır sülfat-hidrojen peroksit kombinasyonu olarak; ***ağartma banyosu için 80 ml/L H₂O₂ (%35'lik), 0,1 mL/L CuSO₄.5H₂O çözeltisi mevcut banyo pH'ı, pick-up %50, ozon gazı uygulama süresi 60 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi*** önerilmektedir (Tablo 4.10).

Önerilen ön terbiye işlemi ile terbiyesi yapılan kumaş numuneleri daha sonra doğal boyalar ile göstereceği etkileşimi tespit edebilmek için önceden ekstrakte edilmiş NK, FK, PAY ve HC ile mordan maddesi kullanılmadan bölüm 2.3.6'da anlatıldığı gibi boyanmışlardır. Elde edilen sonuçlar ise şunlardır;

CIELAB (L*, a*, b*, C* ve h°) ve K/S Değerleri:

NK ile haki (a* ve b* değeri 3.77 ve 14.18), FK ile pembe (a* ve b* değeri 5.19 ve 10.02), PAY ile sarı (a* ve b* değeri 0.84 ve 12.55) ve HC ile bej-gri (a* ve b* değeri 4.12 ve 12.97) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L* değerleri incelendiğinde PAY>FK>HC>NK sıralaması görülmektedir. En yüksek değer PAY'dan, en düşük değer ise NK'dan elde edilmiştir. Açık renk tonları olduğu görülmüştür. K/S renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise 5.15 ile NK bunu izleyen FK, HC ve PAY olarak sıralanmaktadır. Renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile yapılan boyama sonuçlarına çok benzemektedir.

Boyalı kumaşların haslık testleri sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için hem direkt hem den ekstrakte ile yapılan boyamalarda yıkama haslıkları 4/5-5 puan, sürtme haslıkları 4/5-5 puan ve ter haslıkları 4/5-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir.

Tablo 4. 21. **Öneri 4:** Ozon-Bakır Sülfat-Hidrojen Peroksit-Doğal Boya Kombinasyonu

Kimyasalın Adı/Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Semikontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	H ₂ O ₂ (%35)	80 ml/L
	Bakır Sülfat (CuSO ₄ .5H ₂ O)	0,1 g/L
	pH (Asetik Asit)	7
	Pick-up	% 50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	60
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık (°C)	20
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Sıcaklık (°C)	100
	Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı yıkama	-
	Sabunlu yıkama	100(°C)'de 10dak.
	Sıcak yıkama-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Çalışma grafiği	Ozon/CuSO₄.5H₂O/H₂O₂ Doğal Boyama * 80 mL/L H₂O₂ (%35) * 0,1 mL/L CuSO₄.5H₂O * % 50 pick-up 60 dk Ozon 25°C Yıkama * Boyanacak Materyal * Doğal Boyarmadde 25°C 100°C 1,5-2°C/dk 60' Yıkama	

Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 5 puan, diğer doğal boyalar için ise 2-3 aralığın da tespit edilmiştir. NK hariç diğer bitkilerden elde edilen haslık sonuçları yeterli değildir.

Bu sonuçlar; geleneksel yöntemler ile mordansız yapılan boyamalardan elde verilere benzemektedir. Banyoya katalizör olarak bakır iyonlarının ilave edilmesi kumaşın boya altı beyazlığını artırmasına rağmen haslık test sonuçları açısından her hangi bir farklılığa neden olmamıştır.

4.2.3.2.3. Ozon Gazı-Sodyum Persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) Kombinasyonu

Sodyum persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)'ın iyi bir oksidatif madde olduğu bilinmektedir. Ayrıca oksidatif haşıl sökme proseslerinde kullanılabileceği de bildirilmiştir [4]. Ayrıca deterjan sanayinde de oksitleyici madde olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle ozon gazıyla birlikte kumaşın ön terbiye özelliklerini nasıl değiştirebileceği bu çalışma ile araştırılmıştır.

Ozon gazının sodyum persülfat ile yapacağı etkileşimi tespit etmek için yapılan deneme çalışmalarının sonuçları Tablo 3.70'de verilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; 10 g/L sodyum persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) konsantrasyonunda 15 dakika boyunca ozon gazına maruz kalan materyalin haşıl sökme değeri 3/4 Tegewa, ortalama iplik kopma kuvveti 4.1 N, beyazlık değeri 64,54 Stensby ve hidrofilite sütun yüksekliği 90 saniyede 15 mm'ye ulaşmıştır.

Ozonlama süresi 60 dakikaya çıkartıldığında ise haşıl sökölme değeri aynı kalmış, ortalama iplik kopma kuvveti 4,13 N, beyazlık değeri 67,37 Stensby ve hidrofilite değeri de 90 saniye sütun yüksekliği 16 mm'ye ulaşmıştır. Sadece ozon kullanılması durumunda yaklaşık olarak tüm ön terbiye değerleri bu kombinasyonda daha iyi çıkmıştır. Örneğin; kombinasyondaki beyazlık değeri, hidrofilite her iki çalışma süresinde de yüksek çıkmıştır.

Genel olarak değerlendirilecek olursa; beyazlık açısından sonuçlar tatmin edici düzeyde olsa da, haşıl sökölme, hidrofilite açısından orta derecede kabul edilebilir. Yapılan bu denemeler ışığında ozon gazı-sodyum persülfat ile yapılacak ön terbiye çalışmaları için Tablo 4.10'deki reçete önerilmektedir.

Tablo 4. 22. **Öneri 5:** Ozon-Sodyum Persülfat-Hidrojen Peroksit

Kimyasalın Adı		
Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Diskontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	Sodyum Persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)	10 g/L
	pH	7,67
	Pick-up	% 50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	15
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	20

Buna göre; ***ağartma banyosu için 10 g/L sodyum persülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$), çözelti pH=7.67, pick-up %50, ozon gazı uygulama süresi 15 ile 60 dakika olarak tespit edilen çalışma prosesi*** önerilmektedir.

Zaman tasarrufu dikkate alınacak olursa 15 dakikalık çalışma, beyazlık değeri istenecek olurda da 60 dakikalık çalışma şekli önerilmektedir.

4.2.3.2.4. Ozon Gazı-Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) Kombinasyonu

Ozon gazı ile sodyum perborat kombinasyonu incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise şu şekildedir; 10 g/L sodyum perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) konsantrasyonunda 15 dakika boyunca ozon gazına maruz kalan materyalin haşıl sökölme, mukavemet ve hidrofilite değeri sırasıyla 5-6 puanda, 4.19-4.39 N ve sütun yüksekliği 15-16 mm/90 saniye’de kalmıştır.

Ozonlama süresi 60 dakikaya çıkartıldığında haşıl sökölme, mukavemet ve hidrofilite değerlerinde ciddi bir değişim olmamasına rağmen beyazlık değerleri her iki ozonlama süresince artış göstermiş olup sırasıyla 63.74 ve 66.92 Stensby değerlerine ulaşmıştır. Genel olarak değerlendirilecek olursa; beyazlık ve haşıl sökme açısından sonuçlar tatmin edici düzeyde olsa da, hidrofilite açısından düşüktür. Yapılan bu denemeler ışığında Ozon

gazı-Sodyum Perborat ile yapılacak çalışmalar için Tablo 4.11'daki reçete önerilmektedir.

CIELAB (L^*, a^*, b^*, C^* ve h°) ve K/S Değerleri:

NK ile açık kahve (a^* ve b^* değeri 3.6 ve 20.57), FK ile açık pembe (a^* ve b^* değeri 6.26 ve 9.96), PAY ile bej-açık sarı (a^* ve b^* değeri 1.05 ve 12.02) ve HC ile gri (a^* ve b^* değeri 2.94 ve 9.83) tonlarında renkler elde edilmiştir.

L^* değerleri incelendiğinde $PAY > FK > HC > NK$ sıralaması bu çalışmada da görülmekte olup en yüksek 79 dur. Açık renklerde pastel tonlar olduğu görülmüştür. Renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise 5.12 ile NK bunu izleyen HC, FK ve PAY olarak sıralanmaktadır. Renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile yapılan boyama sonuçlarına çok benzemektedir.

Boyalı kumaşların haslık testleri sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için yıkama haslıkları 4/5-5 puan, sürtme haslıkları 4/5-5 puan ve ter haslıkları 4-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir. Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 4/5 puan, diğer doğal boyalar için ise 2-3 aralığın da tespit edilmiştir.

Bütün bu elde edilen veriler ışığında nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaş için önerilen ozon gazı ile sodyum perborat kombinasyonu ile terbiye proses parametreleri Tablo 4.12'de verilmiştir. Boyamalar düşünülürse toplam çalışma süresinin 15 dakika olması önerilirken, daha iyi bir beyazlık hedefleniyorsa 60 dakikalık çalışma önerilmektedir.

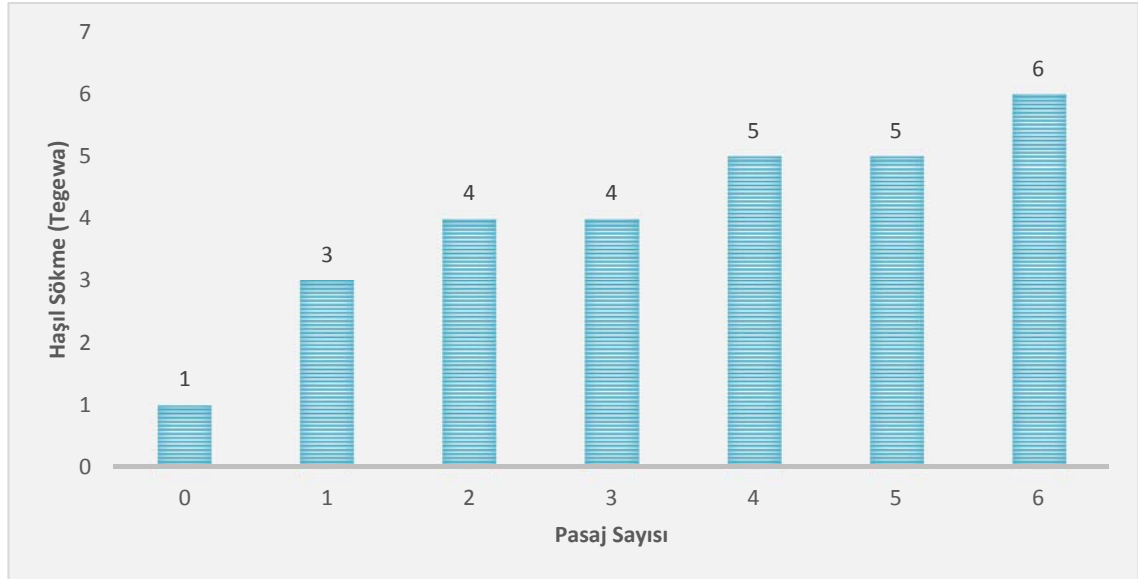
Tablo 4. 23. **Öneri 6:** Ozon-Sodyum Perborat-Doğal Boya Kombinasyonu

Kimyasalın Adı		
Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Diskontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	10 g/L
	pH	10
	Pick-up	% 50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	15
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	20
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	100
	Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı yıkama	-
	Sabunlu yıkama	100($^{\circ}\text{C}$)’de 10dak.
	Sıcak yıkama-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Ozon/Sodyum perborat Doğal Boyama * 10 g/L sodyum perborat * % 50 pick-up 60 dk Ozon 25°C Yıkama 25°C Yıkama * Boyanacak Materyal * Doğal Boyarmadde 25°C 100°C 60' 1,5-2°C/dk Yıkama		

4.2.3.3. Ozon gazı-Ultrason Kombinasyonu

Bu çalışmada ise ozon gazı ile ultrasonik enerjinin özellikleri birleştirilerek kumaşın ön terbiye etkileri araştırılmıştır. Çalışma kendi arasında iki basamaktan meydana gelmektedir. İlk basamak kumaşa 15 dakika boyunca 2.bölüme açıklanan yöntem üzerinden ozon gazının aplike edilmesi, ikinci basamakta ise ultrason banyosunda yıkama ve %50 pick-up nem olacak şekilde çalışılmıştır. Bu ikili çalışma grubu 1 pasaj olarak adlandırılmış olup bu şekilde toplam 6 pasaj deneme gerçekleştirilmiştir. Her pasaj bitiminde ayrı ayrı numuneler alınarak elde edilen ön terbiye sonuçları değerlendirilmiştir.

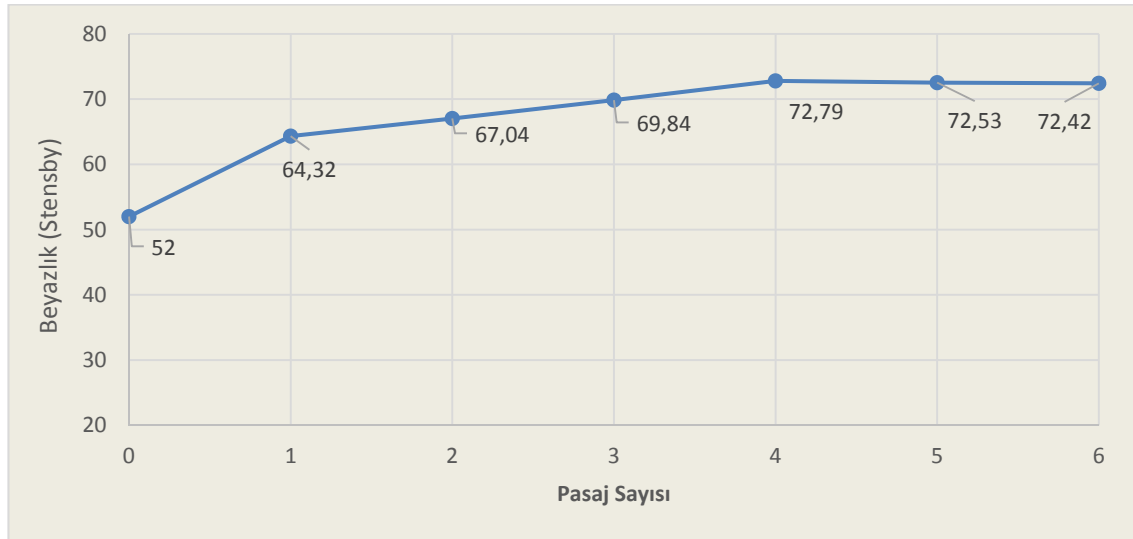
Denemelerden elde edilen sonuçlar incelenecek olursa; kumaşın haşıl sökölme derecesi pasaj sayısı arttıkça artış göstermiştir. 4.pasaj sonunda 5 Tegewa, 6.pasaj sonunda ise 6 Tegewa değerine ulaşmıştır. Nişasta esaslı haşıl maddelerinin parçalanarak elyaftan uzaklaştığı söylenebilir (Şekil 4.19).



Şekil 4. 22. Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunca materyalde meydana gelen haşıl sökölme değışim grafiğı

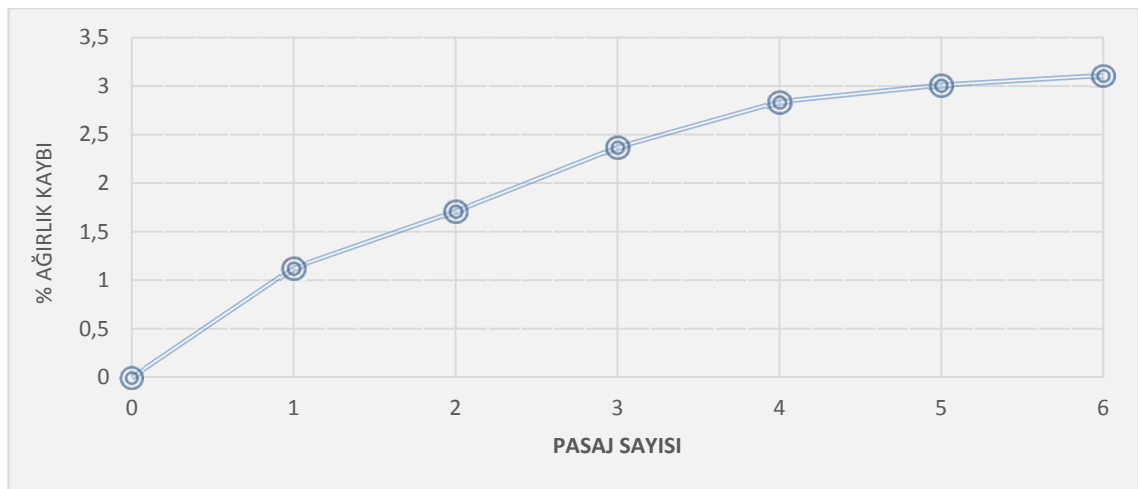
Kumaşın beyazlık derecesi de pasaj sayısı arttıkça artış göstermiştir. Ham kumaşın beyazlık derecesi 52 Stensby iken 4.pasaj sonunda 72.79 Stensby, 5.pasaj sonunda 72.53 ve 6.pasaj sonunda ise 72.42 Stensby olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar oldukça iyidir.

Şekil 4.20'deki grafik incelendiğinde özellikle 4. Pasajdan sonra beyazlık derecesinin pasaj sayısının artmasıyla yatay bir seyir izlemiştir. Yani pasaj sayısının artırılmasının beyazlık üzerine bir etkisinin olamayacağı düşünülmektedir.



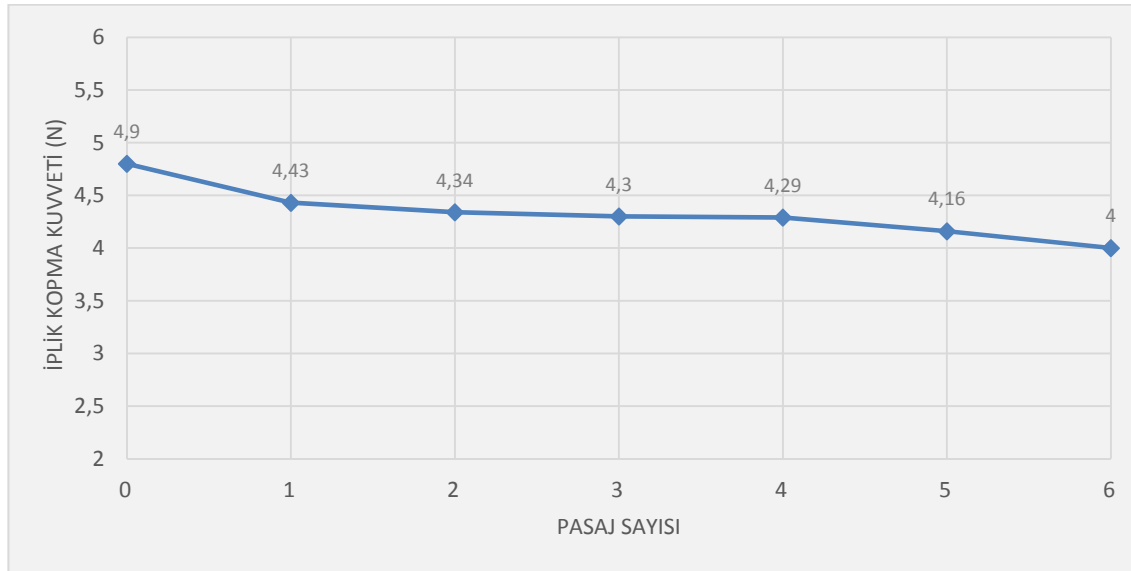
Şekil 4. 23. Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunca materyalde meydana gelen beyazlık değişim grafiği

Kumaşın ağırlık kayıpları incelenecek olursa; Şekil 4.21'de görüldüğü üzere, pasaj sayısının artmasıyla birlikte materyalin kayıpları da artmaya başlamıştır. 4.pasaj sonunda kayıp % 2.84, 5.pasaj sonunda % 3.01 ve 6.pasaj sonunda ise % 3.11 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. 24. Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunca materyalde meydana gelen % ağırlık kaybı değişim grafiği

Kumaştan çekilen ipliğin ortalama kopma kuvvetleri incelenecek olursa; Şekil 4.22’de görüldüğü üzere, pasaj sayısının artmasıyla birlikte ipliğin kopma kuvveti de azalmaktadır. Bu kayıpların ozon gibi oksidatif etkisi çok yüksek olan bir gaz ile temas halinde olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ancak yine de mukavemet kaybı sınırlı kalmıştır. Bununda en önemli sebebi olarak ultrason yıkamalar olduğu düşünülmektedir. Bölüm 4.1’de de ultrasonik yıkamanın mukavemetin daha fazla düşmesine de engel olduğu tespit edilmişti. 4.pasaj sonunda kopma kuvveti 4.29 N, 5.pasaj sonunda 4.16 N ve 6.pasaj sonunda ise 4 N’a kadar düşme tespit edilmiştir.



Şekil 4. 25. Ozon-Ultrason kombinasyonu sonucu 6 pasaj boyunca materyalde meydana gelen mukavemet değişim grafiği

Tüm sonuçlar genel olarak değerlendirilecek olursa; özellikle 4. pasaj dikkat çekmektedir. Beyazlık bu pasajdan sonra yatay bir seyir izlemekte, haşıl sökme orta-iyi arasında bir değere ulaşmakta, ağırlık kayıpları 4.pasajdan sonra azalma eğilimi göstermektedir. Buna rağmen mukavemet kayıpları artmaya devam etmektedir. Bu nedenle ozon-ultrason kombinasyonu enerji, zaman ve su tüketimi gibi durumlarda dikkate alındığında 4. Pasaj sonunda işlemi sonlandırmanın uygun olabileceği düşünülmektedir. Ozon-ultrason kombinasyonundan sonra her bir pasaj sonunda elde edilen numuneler doğal boyalar ile boyanmışlardır. Boyama işlemlerinde dört farklı boyarmaddenin sulu ekstrakteleri kullanılmış ve daha sonra haslık testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilecek olursa;

CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ve K/S Değerleri

6 farklı pasaj sonunda elde edilen kumaş numuneleri 4 farklı doğal boya ekstrakteleri ile ayrı ayrı boyanmışlar ve elde edilen renkler ise şu şekildedir; NK ile yapılan boyamalarda bütün pasajlar boyunca elde edilen renkler açık kahve ve tonlarıdır (4. pasaj a^* ve b^* değeri 3.83 ve 22.1), FK ile yapılan boyamalarda bütün pasajlar boyunca elde edilen renkler açık pembe (4. pasaj a^* ve b^* değeri 7.05 ve 8.15), PAY ile yapılan boyamalarda bütün pasajlar boyunca elde edilen renkler bej-açık sarı (4. pasaj a^* ve b^* değeri 1.7 ve 12.65) ve HC ile yapılan boyamalarda bütün pasajlar boyunca elde edilen renkler gri-bej-haki (4. pasaj a^* ve b^* değeri 4.08 ve 11.44) tonlarında renkler elde edilmiştir.

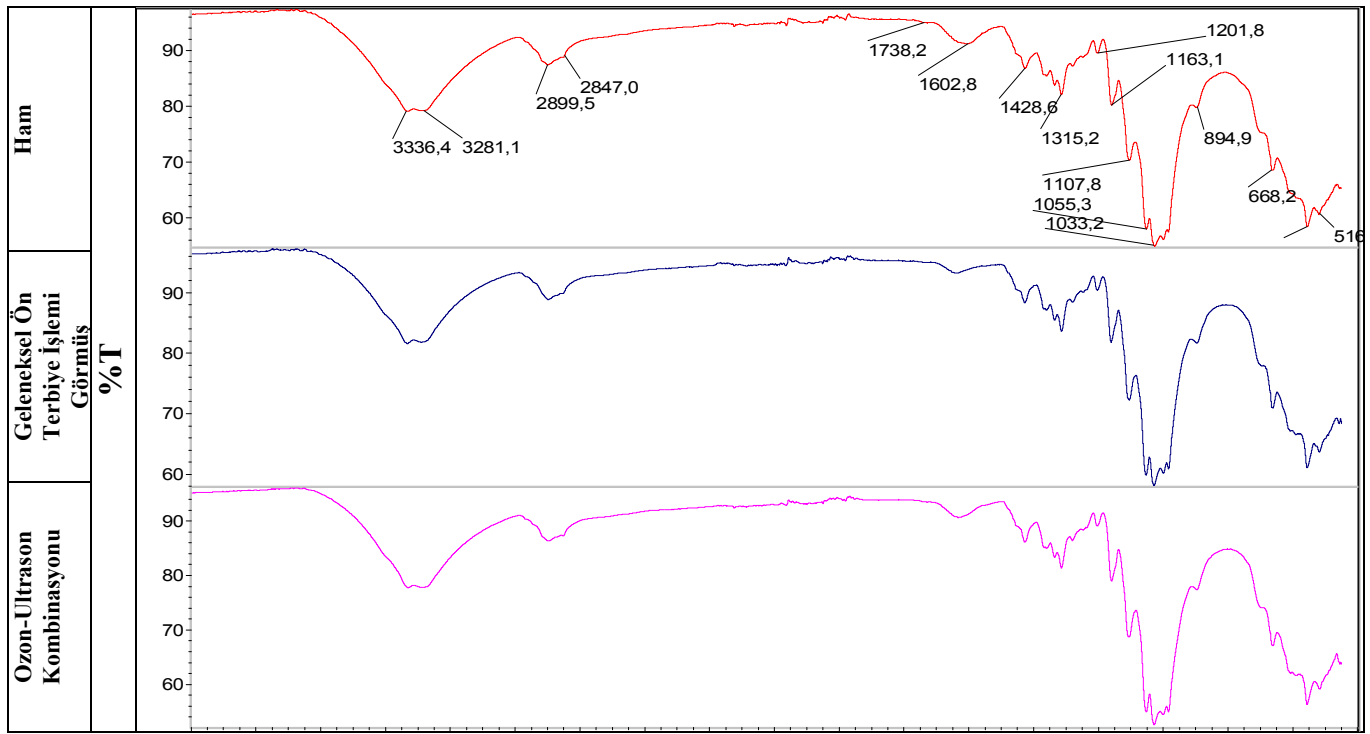
L^* değerleri incelendiğinde genel olarak değerler 50-80 aralığında tespit edilmiş olup, 4. pasaj için $PAY > FK > HC > NK$ sıralaması bu çalışmada da görülmekte olup en yüksek 78.48 dir. Açık renklerde pastel tonlar olduğu görülmüştür. K/S renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise 4. Pasaj için 5.38 ile NK bunu izleyen HC, FK ve PAY olarak sıralanmaktadır. Renk verimlilikleri ve renk tonları açısından elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler ile yapılan boyama sonuçlarına çok benzemektedir.

Bunun ötesinde yapılan pasaj sayısının elde edilen renklere etkisi incelendiğinde; pasaj sayısının artmasıyla birlikte tüm renkler için renk tonlarının açıldığı söylenebilir. Bu durumun en önemli sebebinin ise pasaj sayısının artmasıyla birlikte kumaşın zemin beyazlığının artması ile açıklanabilir.

Boyalı kumaşların haslık testleri sonuçları değerlendirilecek olursa; tüm boyarmadde kaynakları için yıkama haslıkları 3-5 puan, sürtme haslıkları 4-5 puan ve ter haslıkları 4/5-5 puan aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan boyanmış kumaşların haslıklarına benzemektedir. Işık haslıkları ise NK ile yapılan boyamalarda 6 puan, diğer doğal boyalar için ise 2-3 aralığın da tespit edilmiştir. NK ile yapılan boyamaların haslıkları oldukça iyidir. Pasaj sayısının artmasıyla birlikte tüm renk grupları için dikkate değer bir farka rastlanılmamıştır. Benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da bahsedilmektedir.

FT-IR Analizi

Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile ön terbiye işlemi tamamlanan numuneler; ham ve geleneksel yöntemler ile ön terbiye işlemi yapılan numuneler ile karşılaştırması yapılmıştır. Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile sonundaki numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4. 26. Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile Geleneksel yöntemler ile yapılan ön terbiyesi yapılmış kumaşların FTIR spektrumları

Analizde üç farklı numune karşılaştırılmıştır. Birinci numune *ham* olarak tanımlanan ve her hangi bir ön terbiye işlemi görmemiş numunedir. İkinci numune geleneksel olarak ön terbiye işlemi yapılmış ve boyamaya hazır hale gelen kumaş numunesidir. Üçüncü kumaş ise 4. Pasaj sonunda elde edilen kumaş numunesidir.

Spektrumlar incelendiğinde geleneksel olarak yapılan ön terbiye işlemleri ile ozon-ultrason kombinasyonu ile yapılan ön terbiye işlemleri arasında çok belirgin bir farka rastlanılmamıştır. Örneğin; 895 cm^{-1} de $\text{C}_1\text{-O-C}_4$ β glikosidik zincir ön terbiye prosesi sonunda değişime uğramamıştır [186]. Literatürde selülozun kimyasal yapısı ile ilgili bazı bantlar mevcuttur. Bunlar; $3550\text{-}3100\text{ cm}^{-1}$ de OH grupları, $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ de CH

grupları, 1617 cm^{-1} de asimetrik COO^- grupları, 1316 cm^{-1} de CH grupları bulunmaktadır [186, 187]. Ön terbiye işleminden sonra 3336 cm^{-1} ve 3290 cm^{-1} de OH grupları, 2899 cm^{-1} de CH gerilme ve 1315 cm^{-1} de CH wagging (sallama) belirgin bir değişim görülmemiştir. 1602 cm^{-1} geniş bandı, 1630 cm^{-1} olarak değişmiştir. Bu kaymanın nedeni ön terbiye işlemleri sırasında ham pamuğun

üzerinde bulunan pektin, vaks gibi yabancı maddelerin uzaklaşması olarak söylenebilir [186]. 1738 cm^{-1} deki pikin ise pektin ve vakslar da bulunan karboksilik ester grupları ile ilgili olduğu kabul edilmektedir [187]. Bu pik ön terbiye işlemi sonunda tamamen kaybolmuştur.

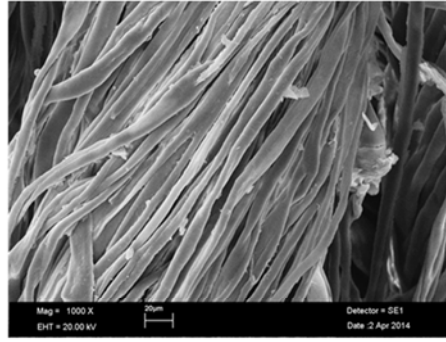
Sonuç olarak, kumaş ön terbiye işlemlerinden sonra temizlenmiş, selülozun kimyasal yapısında önemli bir değişim olmamıştır. Ozon-ultrason kombinasyonu geleneksel yöntemlerden farklı bir durum sergilenmiştir

SEM Analizi

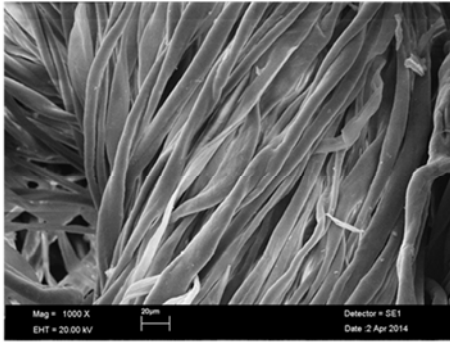
Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile ön terbiye işlemi tamamlanan numuneler; ham ve geleneksel yöntemler ile ön terbiye işlemi yapılan numuneler ile karşılaştırması yapılmıştır. Ozon-Ultrason Kombinasyonu sonundaki numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.24’de verilmiştir.

Ham ve geleneksel olarak ön terbiye işlemleri yapılmış olan numunelerin SEM görüntüleri alınmıştır. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde; ham numune üzerinde çeşitli kirlilikler mevcut iken, bu kirlilikler geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan ön terbiye işlemi görmüş numunelerde de kısmen görülmemektedir. Ozon-ultrason kombinasyonu sonucu 4. Pasaj sonunda elde edilen numunelerde ise kirlilik yok denecek kadar azalmıştır. Ultrasonik enerjinin temizleme etkileri tamamen görülmüştür.

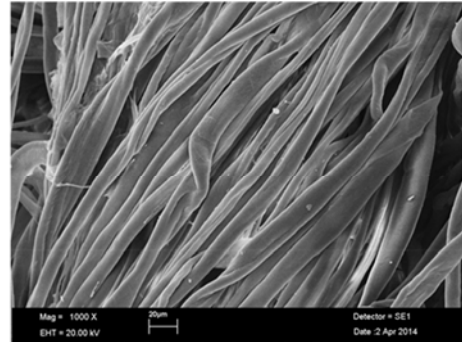
Elde edilen bu veriler ışığında nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaşların ön terbiye işlemleri sonunda kumaş üzerinden çeşitli kirliliklerin uzaklaştırılabileceği görülmektedir. Tüm bu elde edilen veriler ışığında nişasta haşıl esaslı pamuklu dokuma kumaş için önerilen Ozon Gazı-Ultrason ön terbiye ve boyama proses parametreleri Tablo 4.12’de sunulmuştur.



Ham Kumaş



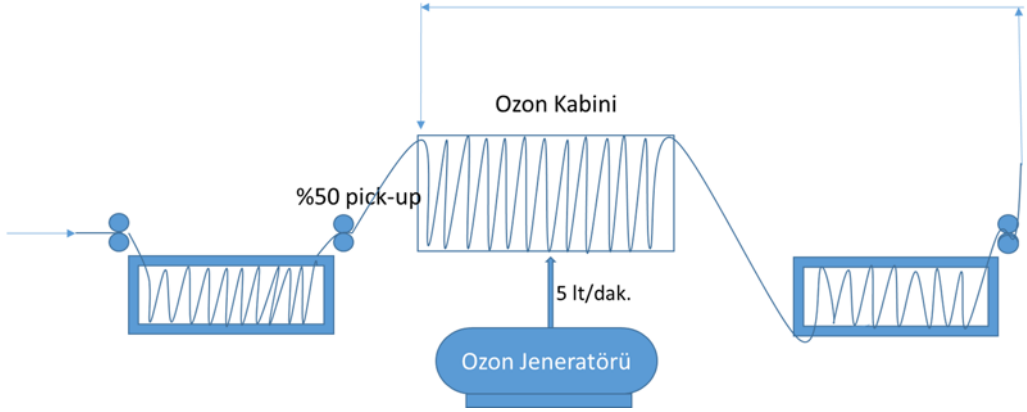
Geleneksel Ön Terbiye İşlemi Görmüş Kumaş



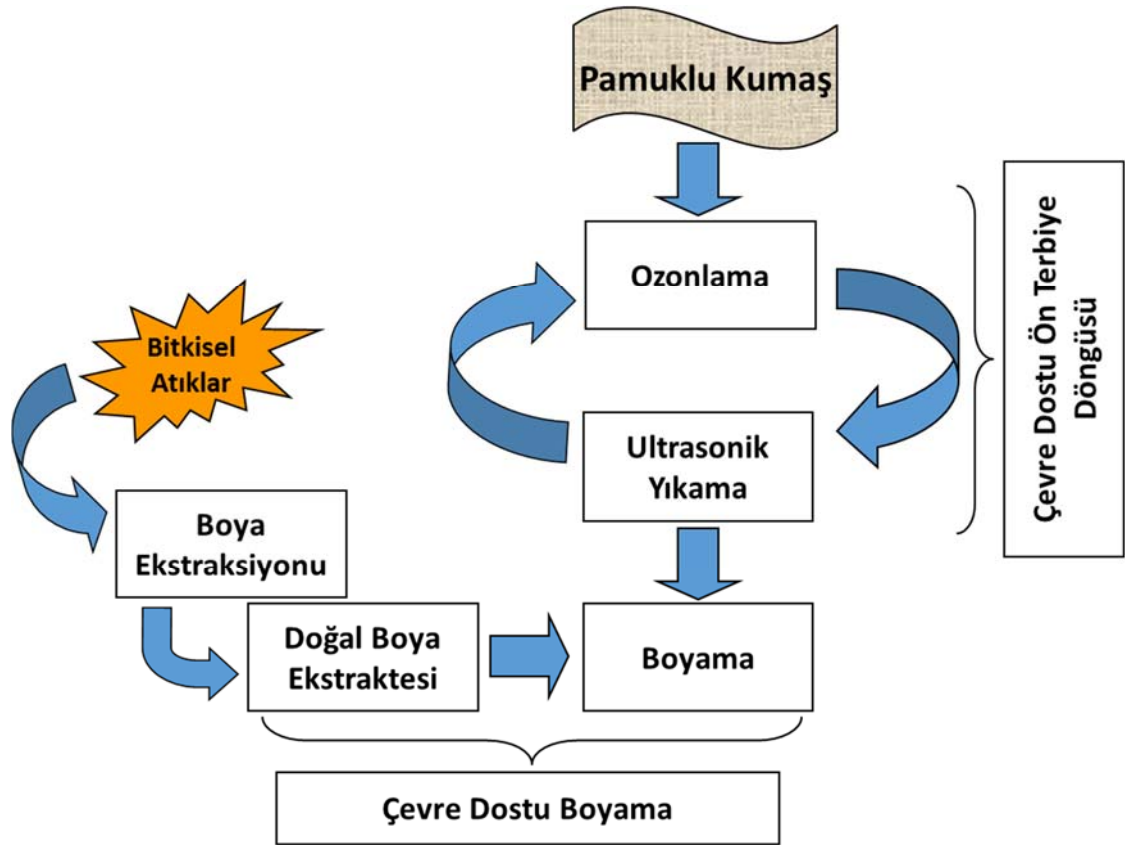
Ozon-Ultrason Kombinasyonu (4.pasaj)

Şekil 4. 27. Ozon-Ultrason Kombinasyonu ile Geleneksel yöntemler ile yapılan ön terbiyesi yapılmış kumaşların SEM spektrumları

Tablo 4. 24. **Öneri 7:** Ozon-Ultrason-Doğal Boya Kombinasyonu

Kimyasalın Adı /Proses Parametreleri		
Proses	Kumaş Tipi	%100 pamuklu
	Haşıl Tipi	Nişasta
	Proses Şekli	Semikontinü
	Banyo	Ozon Gazı
Ön Terbiye İşlemleri	Pasaj	Ultrason yıkama
	pH	7
	Pick-up	% 50
	Ozon Gazı Uygulama Süresi (Dakika)	15
	Ozon Gazı Uygulama Sıcaklık (°C)	20
Boyama İşlemleri	Boya bitkisi (gr)	1:1 (w/w)
	Boya Eldesi	Ekstraksiyon
	Boyama Sıcaklığı (°C)	100
	Boyama Süre (dakika)	60
	Mordan Maddesi	-
Yıkama İşlemleri	Taşmalı	5 dak.
	Sabunlu	100 (°C)'de 10 dak.
	Sıcak-soğuk durulama	10 dak.
	Kurutma	-
Çalışma Grafiği		

Genel olarak ozon-ultrasonik yıkama-doğal boya kombinasyonu Şekil 4.25'deki gibi özetlemek mümkündür.



Şekil 4. 28. Ozon-Ultrason-Doğal Boya kombinasyonu. Çevre dostu üretim hattı

Pamuk lifleri dünyada en fazla kullanılan selüloz esaslı tekstil materyalidir. Bu nedenle de pamuklu kumaşların terbiyesi önem arz etmektedir. Pamuk doğasından gelen yağlar, vakslar, pigmentler, pektin, hemiselüloz gibi birçok yabancı maddeyi bünyesinde bulundurur ve özellikle boyanmadan önce bu yabancı maddelerin uzaklaştırılması gereklidir. Bunların uzaklaştırılması da oldukça zor ve zahmetlidir, yoğun miktarda tehlikeli kimyasal madde kullanılır. Geleneksel terbiye yöntemlerinde kimyasal madde olarak; hidrojen peroksit, sodyum hidroksit, sodyum klorit, sodyum hipoklorit, sodyum sülfat, sodyum klorür, sodyum silikat, sodyum sülfür, ıslatıcı, iyon tutucu, yumuşatıcı, köpük kesici, stabilizatör, çeşitli asitler, yüzey aktif maddeleri, reçineler, kükürt içeren boyalar, gibi çok sayıda madde kullanılabilmektedir. Çoğunlukla bu kimyasal maddeler

çözeltiler şeklinde ve ısıtılarak kullanılırlar, daha sonrada çevreye atılmak suretiyle bertaraf edilirler. Ayrıca fabrikalarda bu işlemler yapılırken tekstil materyalleri çok karmaşık makine parkından ve farklı proses aşamalarından geçer. Her bir proseste kullanılan su, enerji ve kimyasal maddeler farklılık gösterir.

Bu doktora tez çalışmasında; su, kimyasal madde ve enerji tüketimi çok fazla olan tekstil terbiye üniteleri için çevre dostu yöntemler kullanılarak alternatif bir boya terbiye hattını tespit etmek amaçlanmıştır. Pamuklu kumaşlar, tekstil terbiyesi için en fazla iş yüküne sahip olan gruptur. Bu nedenle çok yoğun, karmaşık, aşırı miktarda su ve kimyasal madde tüketimi olan terbiye işlemleri için alternatif yeni yöntemler sunmanın pamuklu kumaşların terbiyesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen çevre dostu terbiye hatlarının diğer selülozik liflerin boya ve terbiyesi için adapte edilebileceği düşünülmektedir.

Bu bağlamda, çevreye zarar vermeden, mümkün mertebe az su, enerji ve zaman kullanılarak ve geleneksel yöntemler ile elde edilen ön terbiye (haşıl sökme, hidrofilite, beyazlık ve mukavemet), renk haslık (yıkama, sürtme, ter ve ışık) değerlerine yakın ve/veya daha iyi sonuçları yakalayabilecek yöntemler tespit edilmiştir. Bu amaçla, ultrason tekniği, ozon gazı uygulamaları, enzimler ve doğal boyarmaddeler kullanılmıştır. Bilinen bu yöntemler ve teknikler ilk defa bu tez kapsamında tek bir hat üzerinde hep birlikte kullanılabilirlikleri tespit edilmiştir.

Tez kapsamında; sertifikalı %100 pamuklu ve nişasta haşıl esaslı dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Kullanılan enzimler; *α -amilaz*, *glikoamilaz*, *pektinaz* ve *glikozoksidaz* enzimleridir. Kullanılan doğal boyalar ise genellikle atık olan maddelerden seçilmiştir. Bunlar; nar kabuğu, fındikkabuğu, portakal ağacı yaprağı ve havacıva bitkisidir.

Çalışmada ilk olarak kumaşlar geleneksel yöntemlerle ön terbiye işlemleri yapılmış, haşıl sökme, hidrofilite, beyazlıklar tespit edilmiş, sonra bazı metal tuzları kullanılarak doğal boyalar ile boyanmış ve renk haslık sonuçları belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar daha sonra oluşturulacak yeni çevre dostu terbiye yöntemleri ile elde edilen ve doğal boyalar ile boyanan kumaşların sonuçlarıyla karşılaştırmasında kullanılmıştır.

Daha sonra ultrason enerjisinin kumaş üzerinde yapabildiği etkiler incelenerek optimum değerler tespit edildikten sonra, *α -amilaz* ve *glikoamilaz* enzimlerinin optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bir sonraki adımda ise bu enzimler ultrason tekniği ile

birleştirilerek etkileri birlikte incelenmiş olup, buna ilaveten *pektinaz*, *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz* enzimlerinin birlikte kombinasyon denemeleri yapılarak, ultrason tekniği ile birleştirilmiştir. Böylece çevre dostu yöntemler kullanılarak farklı yol ve yöntemler ile kumaşın ön terbiyesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar içerisinde seçilen gruplar doğal boyarmadde kaynakları ile boyanabilirlikleri incelenmiştir. Çevre dostu yöntemler ile ön terbiyesi yapılan kumaşların doğal boyalar ile boyama işlemlerinde mordan maddesi olarak her hangi bir metal tuzu kullanılmamıştır.

Bir sonraki çalışma ise ozon gazının optimizasyon çalışmasıdır. Ozon gazı ile ideal çalışma parametreleri tespit edildikten sonra, ön terbiyesi ozon gazı ile yapılan kumaşların doğal boyalar ile boyanabilirlikleri incelenmiştir. Ayrıca ozon gazının etkisine artırabilmek için ozon ile birlikte bazı oksidatif maddeler kullanılarak denemeler yapılmış olup, seçilen grupların benzer şekilde doğal boyarmadde kaynakları ile boyanabilirlikleri incelenmiştir. Son olarak ozon gazı ile ultrason tekniği birleştirilerek denemeler yapılmış ve yine bunların da doğal boyalar ile boyamaları gerçekleştirilmiştir.

Ultrason tekniklerinin kullanıldığı çalışmalarda banyo ısısı en fazla 80°C'ye ulaşmıştır. Ozon gazı ile yapılan çalışmaların tamamı kapalı sistemde ve oda sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan enzimlerin ideal çalışma ortamları nötr pH ve 50-80°C aralığındadır. Tek bir çalışma banyosu içinde *pektinaz*, *glikoamilaz* ve *glikozoksidaz* enzimleri birlikte ultrason tekniği ile kombine edilerek yine aynı banyo içinde doğal boyalar ile boyamaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada su tüketimi minimum seviyede kalmış, zararlı her hangi bir ön terbiye kimyasalı kullanılmamış, boyama işlemi 80°C'de yapılmış ve boya ekstraksiyonu yine boyama banyosunda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ozonlama işleminden sonra atık hale gelen ozon gazının çevreye verilmeden önce doğal boyama işlemleri tamamlanan boya banyolarının renk giderilmesinde kullanılarak hem renkli boya atıklarının renkleri giderilmiş, hem de ozon gazının direkt olarak havaya verilmesi önlenmiştir. Çalışmalar esnasında çevreye hiçbir suretle zararlı kimyasal madde atılmayarak kaynaklar etkin bir şekilde kullanılmaya çalışılmıştır.

Yapılan tüm deneme çalışmaları sonunda pamuklu dokuma kumaşlar için geleneksel yöntemler ile yapılan haşıl sökme, pişirme, ağartma ve boyama işlemleri yerine tez kapsamında önerilen yeni çevre dostu yöntemler kullanılarak ön terbiye ve boyama işlemlerinin yapılabileceği tespit edilmiştir.

Tez kapsamında önerilen yeni yöntemlerin sağladığı avantajlar ve kazanımlar şu şekilde sıralanabilir;

- Birleştirilmiş bir terbiye prosesi olması (Yeşil Terbiye Hattı),
- Farklı enzimlerin kombine edilmesi,
- Tek bir banyonun kullanılması,
- Tehlikeli kimyasal maddeler kullanılmaması,
- Ozonun kısa sürede parçalanarak oksijene dönüşmesi,
- Ozon uygulamalarının oda sıcaklığında gerçekleştirilmesi,
- Enzimlerin doğada biyolojik olarak parçalanabilmesi,
- Ultrason teknolojisinin terbiye ve doğal boyama prosesi olarak kullanılması,
- Petrol esaslı sentetik boyalar yerine doğal esaslı boyaların kullanılması,
- Doğadan gelen bitkilerin kullanılması,
- Atık olarak kullanılan maddelerin boya olarak değerlendirilmesi,
- Portakal ağacı yaprağının doğal boya literatürüne katılması,
- Ultrasonik işlemlerde boya ekstraksiyon işleminin ayrı bir yerde yapılmasına gerek olmaması,
- Ultrasonik boyama sıcaklığının 80°C’de yapılması,
- Geleneksel yöntemlere göre elyaf hasarlarının daha düşük olması,
- Daha az bir makine parkı ile gerçekleştirilebilmesi,
- Ilıman terbiye koşulları nedeniyle daha düşük enerji tüketimi olması,
- Dolayısıyla daha düşük CO₂ emisyonunun olması,
- Daha düşük su tüketimi olması,
- Doğal boyamada mordan maddesi kullanılmaması,
- Ozon gazı atığının boyama sonunda oluşan renkli boya çözeltilerinin renginin giderilmesinde kullanılması,
- Atık olarak kullanılan nar kabuğunun, fındikkabuğunun, portakal ağacı yaprağının ve havacıva bitkisinin endüstriyel bir ürüne dönüştürülmesi,
- Proses atıklarının çevreyi kirletmemesi,

Dezavantajları ise şunlardır;

- Endüstriyel olarak tasarlanmış bir ultrason terbiye makine/hattına ihtiyaç olması,
- Elde edilen renk tonlarının pastel olması, renk gamının kısıtlı kalması,

- Bitki kaynaklarının mevsim-iklim-toprak yapısı-elde edilme yöntemi-gibi nedenlerden dolayı boya kaynağına bağlı boyama tekrarlanabilirliklerin düşük olması,
- Nar kabuğu hariç diğer bitkilerle yapılan boyamaların ışık haslıklarının düşük olması,
- Ozon çalışmaları için kapalı bir sisteme gerek duyulması ve korozyona dayanıklı malzemelerden üretilmesi,

Tez kapsamında geliştirilen ve önerilen reçetelerin/yöntemlerin işletmeler tarafından üretimlerine adapte edilebilmeleri çevre duyarlılığının korunması ve rekabet gücünün artırılması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

Daha sonra yapılacak çalışmalar için ise aşağıdaki konuların araştırılmasının ülke ekonomisi açısından önemli olduğuna inanılmaktadır.

İleriki çalışmalar için ise şunlar önerilmektedir;

- ✓ Farklı doğal boyarmadde kaynakları kullanılarak yeni deneme çalışmaları yapılabilir,
- ✓ Düşük ışık haslığına sahip doğal boyaların haslıklarının geliştirilmesi için çalışmalar yapılabilir,
- ✓ Doğal boyalar için farklı ekstraksiyon yöntemlerinin araştırılması önerilmektedir.
- ✓ Teknolojiye bağlı olarak yeni geliştirilebilecek enzimler ile ilgili tekniklerin kombine edilmesi önerilmektedir.
- ✓ Farklı oksidantlar kullanılarak ozon gazı ile kombinasyonlarının araştırılması önerilmektedir.
- ✓ İmmobilizasyon yöntemleri ile enzim-ultrason tekniğinin etkinliği geliştirme çalışması yapılabilir,
- ✓ Önerilen çevre dostu yöntemlerin diğer selüloz esaslı (keten, kenevir, jüt vb.) tekstil materyalleri için adaptasyon çalışmalarının yapılması önerilmektedir.
- ✓ Öğütülen doğal boya kaynaklarının partikül büyüklüklerinin (nano boyutlar) boyama ve haslık üzerine etkileri araştırılabilir,
- ✓ Doğal boyaların kir iticilik ve antibakteriyel özellikleri daha detaylı bir şekilde araştırılabilir.

KAYNAKLAR

MAKALELER

1. Kalia, S., Kaith, B.S., Kaur, I., 2009. Pretreatment of Natural Fibers and their application as reinforcing Material in Polymer Composites-A Review. **Polymer Engineering and Science**, **49**, (7): 1253-1272.
2. <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>, (Erişim tarihi: Haziran 2014).
3. Özcan, Y., 1978. Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2557, 39, ss.563.
4. Anış, P., 1998. Tekstil Ön Terbiyesi, Alfa Aktüel Yayınları, Bursa, ss.204.
5. <http://textilebd.blogspot.com.tr/2011/06/micro-structure-of-cotton-fiber.html>, (Erişim tarihi: Haziran 2014).
6. http://www.blacksea-een.org/dosyalar/BB_sekrap/BB_sekrap-6-38.pdf, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
7. <http://www.resmigazete.gov.tr/default.aspx>, (Erişim tarihi: Nisan 2014).
8. Tarakçıoğlu, I., 2008. Organik Pamuk ve Tekstil Sanayi, İTO, Yayın No: 2008-7, İstanbul, ss:250.
9. http://bettercotton.org/wp-content/uploads/2014/01/Better-Cotton-Production-Principles-and-Criteria-Explained_Final-2013_eng_ext.pdf, (Erişim tarihi: Nisan 2014).
10. Tarakçıoğlu, I., 1979. Tekstil Terbiyesi ve Makinaları. Ege Üniversitesi Matbaası, ss: 496.
11. Tüzün, C., 1997. Biyokimya. Palme Yayınları, 3.Baskı, Ankara, Ss.487.
12. Uslan, A.H., 1997. Enzim kinetiği, syf: 45. In:Enzimoloji (Lisansüstü Yaz Okulu), (Eds. A. Telefoncu). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Baskı Atölyesi, İzmir.

13. Schallmeyer, M., Singh, A., Ward, O.P., 2004. Developments in the Use of Bacillus Species for Industrial Production. Canadian Journal of Microbiology, 50, 1-17.
14. Outtrup, H., Jorgensen, S.T., 2002. The Importance of Bacillus species in the production of industrial enzymes. (R.Berkley editors) **Applications and systems of Bacillus and relatives**. Blackwell Science Inc., Malden, Mass., 206-218.
15. Duran, K., Bozacı, E., Karahan, H.A., 2007b. Protein esaslı mamüllerin enzimatik ön Terbiyesi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **3**, 187-191.
16. Aehle, W., Perham, R.N., Michal, G., Caddow, A.J., Concoby, B., 2012. Enzymes, 1. General, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 12, 573-611.
17. Aly, A.S., Moustafa, A.B., Hebeish, A., 2004. Bio-technological treatment of cellulosic textiles. **Journal of Cleaner Production**, **12**, (7): 697-705.
18. Vigneswaran, C., 2012. Biopreparation of organic cotton Textiles through specific mixed Enzymatic system. PhD Thesis. Anna University. India. pp: 245.
19. Aygan, A., Haloalkalofil bacillus sp. izolasyonu, amilaz, selüloz ve ksilanaz enzimlerinin üretimi, karakterizasyonu ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilirliği. Çukurova Üniversitesi. Doktora Tezi, ss: 219.
20. Gupta, D., Khare, S.K., Laha, A., 2004. Antimicrobial properties of natural dyes against Gram-negative bacteria. **Coloration Technology**, **120**, (4): 167-171.
21. <http://www.bimber.info/files/dextrozyme-pds.pdf>, (Erişim tarihi: Nisan 2012).
22. Hoondal, G.S., Tiwari, R.P., Tiwari, R., Dahiya, N., 2002. Microbial alkaline pectinases and their industrial applications: a review. **Appl. Microbiol Biotechnol**, **59**, (4-5): 409-418.
23. Bahtiyari, M.İ., 2009. Çevre dostu yeni yöntemlerin Tekstil ön terbiyesindeki bazı kullanım alanlarının araştırılması. Ege Üniversitesi. Doktora Tezi, ss: 242.
24. Sarıışık, M., 2001. Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler. DEÜ Müh. Fak. Yayın No:286, İzmir, ss.190.

25. Davulcu, A., 2008. Pamuklu Kumaşların Ön Terbiye Proseslerinin Enzimatik Yöntemlerle Kombine Edilmesi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi, Doktora Tezi, ss: 160.
26. Buschle-Diller, G., Xiang, D.Y., 2001. Enzymatic Bleaching of Cotton Fabrics with Glucose Oxidase, **Textile Research Journal**, **71**, (5): 388-394.
27. Cavaco-Paulo, A., Almedia, L., Bishop, D., 1996. Cellulase Activities and Finishing Effects. **Enzyme Technology, Textile Chemist and Colorist**, **28**, (6): 28-32.
28. Li, Y., Hardin, I.R., 1997. Enzymatic Scouring of Cotton: Effects on Structure and Properties. **Textile Chemist and Colorist**, **29**, (8): 71-76.
29. Cavaco-Paulo, A., Cortez, J., Almeida, L., 1997. The effect of cellulase treatment in textile washing processes. **Journal of The Society of Dyers and Colourists**, **113**, (7-8): 218-222.
30. Hartzell, M.M., Hsieh, Y.L., 1998. Enzymatic Scouring to Improve Cotton Fabric Wettability, **Textile Research Journal**, **68**, (4): 233-241.
31. Cavaco-Paulo, A., 1998. Mechanism of cellulase action in textile processes. **Carbohydrate Polymers**, **37**, (3): 273–277.
32. Sawada, K., Tokino, S., Ueda, M., Wang, X.Y., 1998. Bioscouring of cotton with pectinase enzyme. **Journal of the Society of Dyers and Colourists**, **114**, (11): 333-336.
33. Andreus, J., Azevedo, H., Cavaco-Paulo, A., 1999. Effects of temperature on the cellulose binding ability of cellulase enzymes. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, **7**, (1-4): 233–239.
34. Cavaco-Paulo, A., Morgado, J., Andreus, J., Kilburn, D., 1999. Interactions of cotton with CBD peptides. **Enzyme and Microbial Technology**, **25**, (8-9): 639–643.

35. Etters, J.N., 1999. Cotton Preparation with Alkaline Pectinase: An Environmental Advance. **Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter**, **1**, (3): 33-36.
36. Duran, N., Duran, M., 2000. Enzyme applications in the textile industry. **Rev. Prog. Coloration**, **30**, (1): 41-44.
37. Tzanov, T., Calafell, M., Guebitz, G.M., Cavaco-Paulo, A., 2001. Bio-preparation of cotton fabrics. **Enzyme and Microbial Technology**, **29**, (6-7): 357–362.
38. Costa, S.A., Tzanov, T., Paar, A., Gudelj, M., Gübitz, G.M., Cavaco-Paulo, A., 2001. Immobilization of catalases from *Bacillus SF* on alumina for the treatment of textile bleaching effluents. **Enzyme and Microbial Technology**, **28**, (9-10): 815–819.
39. Belghith, H., Ellouz-Chaabouni, S., Gargouri, A., 2001. Biostoning of denims by *Penicillium occitanis* (Pol6) cellulases. **Journal of Biotechnology**, **89**, (2-3): 257-262.
40. Csiszar, E., Urbanszki, K., Szakacs, G., 2001. Biotreatment of desized cotton fabric by commercial cellulase and xylanase enzymes. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, **11**, (4-6): 1065–1072.
41. Tzanov, T., Costa, S.A., Guebitz, G.M., Cavaco-Paulo, A., 2002. Hydrogen peroxide generation with immobilized glucose oxidase for textile bleaching. **Journal of Biotechnology**, **93**, (1): 87–94.
42. Yachmenev, V.G., Bertoniere, N.R., Blanchard, E.J., 2002. Intensification of the bio-processing of cotton textiles by combined enzyme/ultrasound treatment. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, **77**, (5): 559-567.
43. Ibrahim, N.A., El-Hossamy, M., Morsy, M.S., Eid, B.M., 2004. Development of new eco-friendly options for cotton wet processing. **Journal of Applied Polymer Science**, **93**, (4), 1825-1836.
44. Karapinar, E., Sariisik, M.O., 2004. Scouring of Cotton with Cellulases, Pectinases and Proteases. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, **12**, (47): 79-82.

45. Pazarlıoğlu, N.K., Sariişik, M., Telefoncu, A., 2005a. Treating denim fabrics with immobilized commercial cellulases. **Process Biochemistry**, **40**, (2): 767–771.
46. Pazarlıoğlu, N.K., Sariişik, M., Telefoncu, A., 2005b. Laccase: production by *Trametes versicolor* and application to denim washing. **Process Biochemistry**, **40**, (5): 1673–1678.
47. Tauber, M.M., Guebitz, G.M., Rehorek, A., 2005. Degradation of Azo Dyes by Laccase and Ultrasound Treatment. **Applied and Environmental Microbiology**, **71**, (5): 2600–2607.
48. Namlıgöz, E.S., Duran, K., 2006. Rami Liflerinin Enzimatik Terbiye İşlemleri. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **3**, 190-193.
49. Duran, K., Özdemir, D., Namlıgöz, E.S., 2007a. İpek liflerindeki serisinin enzimatik olarak Uzaklaştırılması. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **3**, 182-186.
50. Lopez, C., Cavaco-Paulo, A., 2008. In-situ Enzymatic Generation of Hydrogen Peroxide for Bleaching Purposes. **Engineering Life Science**, **8**, (3): 315-323.
51. Anış, P., Davulcu, A., Eren, H.A., 2008. Enzymatic Pre-Treatment of Cotton. Part 1. Desizing and Glucose Generation in Desizing Liquor. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, **16**, 4 (69): 100-103.
52. Anış, P., Davulcu, A., Eren, H.A., 2009. Enzymatic Pre-Treatment of Cotton. Part 2: Peroxide Generation in Desizing Liquor and Bleaching. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, **17**, 2 (73): 87-90.
53. Körlü, A.E., Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Perincek, S., 2008. Selüloz enziminin selülozik esaslı kumaşlar üzerine etkisi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **1**, 35-41.
54. Presa, P., Tavcer, P.F., 2008. Bioscouring and bleaching of cotton with pectinase enzyme and peracetic acid in one Bath. **Coloration Technology**, **124**, (1): 36-42.
55. Eren, H.A., Anış, P., Davulcu, A., 2009. Enzymatic One-bath Desizing – Bleaching – Dyeing Process for Cotton Fabrics. **Textile Research Journal**, **79**, (12): 1091-1098.

56. Bahtiyari, M.İ., Duran, K., Körlü, A.E., Perincek, S., 2010. Usage Of Commercial Cellulases in Biopolishing of Viscose Fabrics. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **1**, 57-64.
57. Ali, S., Khatri, Z., Tanwari, A., 2011. Integrated Preparatory Method for Cotton Towel by Using Enzymes. **International Journal of Chemical and Environmental Engineering**, **2**, (5): 295-301.
58. Montazer, M., Seifollahzadeh, S., 2011. Enhanced Self-cleaning, Antibacterial and UV Protection Properties of Nano TiO₂ Treated Textile through Enzymatic Pretreatment. **Photochemistry and Photobiology**, **87**, (4): 877–883.
59. Silva, M.C., Corrêa, A.D., Amorim, M.T.S.B., Parpotc, P., Torresa, J.A., Chagas, P.M.B., 2012. Decolorization of the phthalocyanine dye reactive blue 21 by turnip peroxidase and assessment of its oxidation products. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, **77**, 9-14.
60. Chakraborty, J.N., Dhiman, G., 2013. Effectiveness of laccase in the oxidation and recovery of sulfur dyes. **Textile Research Journal**, **83**, (5): 441–449.
61. Farooq, A., Ali, S., Abbas, N., Fatima, G.A., Ashraf, M.A., 2013. Comparative performance evaluation of conventional bleaching and enzymatic bleaching with glucose oxidase on knitted cotton fabric. **Journal of Cleaner Production**, **42**, 167-171.
62. Ali, S., Khatri, Z., Khatri, A., Tanwari, A., 2014. Integrated desizing-bleaching-reactive dyeing process for cotton towel using glucose oxidase enzyme. **Journal of Cleaner Production**, **66**, 562-567.
63. Rehman, M.M.A., Imran, M.A., 2014. Modern Biotechnological Pre-treatment Techniques. *Chemistry and Materials Research*, **6**, (4): 87-92.
64. Davulcu, A., Eren, H.A., Avinc, O., Erişmiş, B., 2014. Ultrasound assisted biobleaching of cotton. *Cellulose*, **21**, (4): 2973-2981.
65. Suslick, K.S., 1989. The Chemical Effects of Ultrasound. **Scientific American**, 80-86.

66. Vajnhandl, S., Le Marechal, A.M., 2005. Ultrasound in textile dyeing and decolouration/mineralization of textile dyes. **Dyes and Pigments**, **65**, (2): 89-101.
67. <http://dx.doi.org/10.5772/53912> (Erişim tarihi: Eylöl 2014).
68. Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Ekmekçi Körlü, A., Dereli, S., Özdemir, D., 2006. Ultrason Teknolojisi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **3**, 35-41.
69. Duran, K., Perinçek, D.S., Ekmekçi Körlü, A., Bahtiyari, M.İ., 2007c. Ultrason Teknolojisinin Tekstilde Kullanım Olanakları. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **3**, 162-166.
70. Beckham, H. W., Carr, W.W., Michielsen, S., Good, J., Merriman, T., Zhan. J., Mock, G., McCall, B., Klutz, D., 1996. Fundamental Investigation of Ultrasonic Effects in Textile Wet Processing. **National Textile Center Annual Report**, 143-151.
71. Yachmenev, V.G., Bertoniere, N.R., Blanchard, E.J., 2001. Effect of Sonication on Cotton Preparation with Alkaline Pectinase. **Textile Research journal**, **71**, (6): 527-533.
72. Warmoeskerken, M.M.C.G., Van der Vlist, P, Moholkar, V.S., Nierstrasz, V.A., 2002. Laundry process intensification by ultrasound. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects**, **210**, (2-3): 277-285.
73. http://www.autexrj.com/cms/zalaczone_pliki/5-03-3.pdf (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
74. Yachmenev, V.G., Blanchard, E.J., Lambert, A.H., 2004. Use of ultrasonic energy for intensification of the bio-preparation of greige cotton. **Ultrasonics**, **42**, (1-9): 87-91.
75. Merdan, M., Akalin, A., Kocak, D., Usta, İ., 2004. Effects of ultrasonic energy on dyeing of polyamide (microfibre)/Lycra blends. **Ultrasonics**, **42**, (1-49): 165–168.
76. Mistik, S.İ., Yükseloğlu, S.M., 2005. Hydrogen peroxide bleaching of cotton in ultrasonic energy. **Ultrasonics**, **43**, (10): 811–814.

77. Basto, C., Tzanov, T., Cavaco-Paulo, A., 2007. Combined ultrasound-laccase assisted bleaching of cotton. **Ultrasonics Sonochemistry**, **14**, (3): 350–354.
78. Vankar, P.S., Shanker, R., 2008a. Ecofriendly ultrasonic natural dyeing of cotton fabric with enzyme pretreatments. **Desalination**, **230**, (1-3): 62–69.
79. Kamel, M.M, El-Shishtawy, R.M., Youssef, B.M., Mashaly, H., 2005. Ultrasonic assisted dyeing III. Dyeing of wool with lac as a natural dye. **Dyes and Pigments**, **65**, (2): 103-110.
80. Kamel, M.M, El-Shishtawy, R.M., Youssef, B.M., Mashaly, H., 2007. Ultrasonic assisted dyeing. IV. Dyeing of cationised cotton with lac natural dye. **Dyes and Pigments**, **73**, (3): 279-284.
81. Kamel, M.M, El Zawahry, M.M., Ahmed, N.S.E., Abdelghaffar, F., 2009. Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with natural dye. Part 1: Cationization of cotton using Solfix E. **Ultrasonics Sonochemistry**, **16**, (2): 243–249.
82. Kamel, M.M, El Zawahry, M.M., Ahmed, N.S.E., Abdelghaffar, F., 2011. Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with natural dye. Part 2: Cationization of cotton using Quat 188. **Industrial Crops and Products**, **34**, (3): 1410– 1417.
83. Abou-Okeil, A., El-Shafie, A., El Zawahry, M.M., 2010. Ecofriendly laccase–hydrogen peroxide/ultrasound-assisted bleaching of linen fabrics and its influence on dyeing efficiency. **Ultrasonics Sonochemistry**, **17**, (2): 383–390.
84. Bahtiyari, M.İ., Duran, K., 2013. A study on the usability of ultrasound in scouring of raw wool. **Journal of Cleaner Production**, **41**, 283-290.
85. Czaplicki, Z., Ruszkowski, K., 2014. Optimization of Scouring Alpaca Wool by Ultrasonic Technique. **Journal of Natural Fibers**, **11**, (2): 169-183.
86. Streng, A.G., 1961. Tables of Ozone Properties. **Journal of Chemical and Engineering Data**, **6**, (3): 431-436.
87. Balousek, P.J., 1979. The Effects of Ozone Upon A Lignin-Related Model Compound Containing a β -Aryl Ether Linkage. University of Wisconsin,

- Platteville, M.S. 1976, Lawrence University, the degree of Doctor of Philosophy, pp: 118.
88. Rakovsky, S., Anachkov, M., Zaikov, G., 2009. Fields of Ozone Applications. **Chemistry & Chemical Technology**, **3**, (2): 139-161.
 89. Iglesias, S.C., 2002. Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2,4-Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Ozone, PhD Thesis, Universitat De Barcelona, pp: 45.
 90. http://www.ozoneapplications.com/info/cd_vs_uv.htm, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
 91. <http://ww2.valdosta.edu/~tmanning/research/ozone/intro.html>, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
 92. Adams, C.D., Gorg, S., 2002. Effect of pH and Gas-Phase Ozone Concentration on The Decolorization of Common Textile Dyes, **Journal of Environmental Engineering**, **128**, (3): 293-298.
 93. Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K., Seydim, A.C., 2004. Use of ozone in the food industry. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, **37**, (4): 453–460.
 94. Govers, T., Homer, G., Scheeff, D., 1995. The Cost of Ozone-Based ECF and TCF Bleaching. *Air Liquide/Ozonia Ozone Symposium*, Helsingör, Denmark, September 28-29.
 95. Prabakaran, M., Rao, J.V., 2001. Study on ozone bleaching of cotton fabric–process optimisation, dyeing and finishing properties. **Coloration Technology**, **117**, (2): 98-103.
 96. Sevimli, M.F., Sarikaya, H.Z., 2002. Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, **77**, (7): 842-850.
 97. EL-Zaher, N.A., Micheal, M.N., 2002. Time Optimization of Ultraviolet–Ozone Pretreatment for Improving Wool Fabrics Properties. **Journal of Applied Polymer Science**, **85**, (7): 1469–1476.

98. Prabakaran, M., Rao, J.V., 2003. Combined desizing, scouring and bleaching of cotton using ozone. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, **28**, (4): 437-443.
99. Moore, S.B., Ausley, L.A., 2004. Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits. **Cleaner Production**, **12**, (6): 585-601.
100. İnkaya, T., Eren, H.A., Anış, P., 2008. Pamuk Ağartılmasında Lakkaz/Mediatör Sistemlerinin Oksijen Ve Ozon İle Kombine Edilmesi. **Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **14**, (1): 77-82.
101. Perincek, D.S., Duran, K., Körlü, A.E., Bahtiyari, M.İ., 2007. An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics. **Ozone: Science and Engineering**, **29**, (5): 325–333.
102. Perincek, S., Bahtiyari, M.İ., Körlü, A.E., Duran, K., 2008. Ozone treatment of Angora rabbit fiber. **Journal of Cleaner Production**, **16**, (17): 1900-1906.
103. Perincek, S., Bahtiyari, M.İ., Körlü, A.E., Duran, K., 2011. Effect of Ozone and Ultrasound on the Fiber Properties of Angora Rabbit. **Journal of Applied Polymer Science**, **120**, (6): 3119–3125.
104. Gülümser, T., Akça, C., Bahtiyari, M.İ., 2009. Yün Terbiyesinde Ozonla İşlemin Beyazlık Derecesine Etkisinin Araştırılması. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **1**, 52-55.
105. Atav, R., Yurdakul, A., 2011. Effect of the ozonation process on the dyeability of mohair fibres. **Coloration Technology**, **127**, (3): 159-166.
106. Eren, H.A., Ozturk, D., 2011. The evaluation of ozonation as an environmentally friendly alternative for cotton preparation. **Textile Research Journal**, **81**, (5): 512-519.
107. Eren, H.A., Ozturk, D., Eren, S., 2012. Afterclearing of disperse dyed polyester with gaseous ozone. **Coloration Technology**, **128**, (2): 75–81.
108. Shawaqfaha, M., Al Momani, F.A., Al-Anber, Z.A., 2012. Ozone treatment of aqueous solutions containing commercial dyes. **Afinidad**, **69**, (559): 229-234.

109. Avinc, O., Eren, H.A., Uysal, P., Wilding, M., 2012. The Effects of Ozone Treatment on Soybean Fibers. **Ozone: Science & Engineering**, **34**, (3): 143–150.
110. Perincek, S., Duran, K., Körlü, A.E., 2013. Combination of Ozonation and Hydrogen Peroxide Bleaching for Linen Fabrics: Optimization of the Process Using Experimental Design Technique. **Ozone: Science & Engineering**, **35**, (4): 316–327.
111. Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., Ramakrishnan, V.V., 2014. Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review. **J. Chem. Eng. Process Technol.** **5**, (1): 182
112. Yurdakul, A., Atav, R., 2006. Boya Baskı Esasları, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, Bornova-İzmir, ss:148.
113. Öztürk, E., Demirer, G. N., Yetiş, Ü., Dilek, F. B., 2010. Türkiye’de Bir Tekstil Fabrikasında Kimyasal Madde Değişimine Yönelik Ön Değerlendirme. **İTÜ Dergisi Seri E: Su Kirlenmesi Kontrolü**, **20**, (2): 12-24.
114. Lorimer, J.P., Mason, T.J., Plattes, M., Phull, S.S., Walton, D.J., 2001. Degradation of dye effluent. **Pure Appl. Chem.**, **73**, (12): 1957–1968.
115. Atav, R., Yurdakul, A., Arabacı, A., 2009. Tekstil Boyacılığında Kullanılan Tuzların Özellikleri ve Kullanım Amaçları. **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **3**, (2): 71-80.
116. Etikan, S., 2011. Doğal boya geleneğinin Türk halı sanatında yeri ve önemi üzerine bir değerlendirme, **Türk Sanatları Araştırmaları Dergisi**, **1**, (1): 11-16.
117. Bhuyan, R., Saikia, C.N., 2005. Isolation of colour components from native dye-bearing plants in northeastern India. **Bioresource Technology**, **96**, (3): 363–372.
118. Samanta, A.K., Konar, A., 2011. Dyeing of Textiles with Natural Dyes, in Kumbasar, E. P. A. (Eds.), **Natural dyes, InTech, Croatia**. pp. 29-56 (ISBN 978-953-307-783-3).

119. Önal, A., 1996. Extraction of dyestuff from onion (*Allium cepa* L.) and its application in the dyeing of wool, feathered-leather and cotton. **Tr. J. of Chemistry**, **20**, 194-203
120. Nizamlioğlu, N.M., Nas, S., 2010. Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri. **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **5**, (1): 20-36.
121. Monica Giusti, M., Wallace, T.C., 2009. Flavonoids as natural pigments, in Bechtold T. and Mussak R., (Eds.), **Handbook of natural colorants**, John Wiley and Sons, Ltd., United Kingdom, pp.257-258 (ISBN: 978-0-470-51199-2)
122. Bahtiyari, M. İ., Benli, H., Sen, Y., 2012. Use of thyme as a natural dye in wool dyeing and evaluation of antimicrobial effect, *International Congress on Healthcare and Medical Textiles (MEDITEX)*, İzmir, Turkey
123. Singh, R., Jain, A., Panwar, S., Gupta, D., Khare, S.K., 2005. Antimicrobial activity of some natural dyes, **Dyes and Pigments**, **66**, (2): 99-102.
124. Karadağ, R., 2007. Doğal Boyamacılık. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Dösim. Ankara. Ss:128.
125. Samanta, A.K., Agarwal, P., 2009. Application of natural dyes on textiles, **Indian Journal of Fibers & Textile Research**, **34**, (4): 384 -399.
126. Lansky, E.P., Newman, R.A., 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. **Journal of Ethnopharmacology**, **109**, (2): 177–206.
127. Saad, H., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., Rode, K., Charrier, B., Ayed, N., 2010. Characterization of pomegranate peels tannin extractives. **Industrial Crops and Products**, **40**, 239-246.
128. Tiwari, H.C., Singh, P., Mishra, P.K., Srivastava, P., 2010. Evaluation of various techniques for extraction of natural colorants from pomegranate rind-Ultrasound and enzyme assisted extraction. **Indian Journal of Fibre and Textile Research**, **35**, (3): 272-276.

129. Gil, M.I., Toma's-Barbera'n, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 2000. Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. **J. Agric. Food Chem.** **48**, (10): 4581-4589.
130. Negi, P.S., Jayaprakasha, G.K., Jena, B.S., 2003. Antioxidant and antimutagenic activities of pomegranate peel extracts. **Food Chemistry**, **80**, (3): 393-397.
131. http://www.swsbm.com/ManualsOther/Punica_granatum-Lloyd.PDF (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
132. Apaydın, E., 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antioksidan Aktivitedeki Değişimler. Ankara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, ss: 64.
133. <http://www.hnhaber.com/nar-kabugu-her-derde-deva/> (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
134. Özkal, N., Dinç, S., 1993. Punica granatum L. (Nar) Bitkisinin Kimyasal Bileşimi ve Biyolojik Aktiviteleri. **Ankara Eczacılık Fakóltesi Dergisi**, **22**, (1-2): 38-50.
135. Seeram, N., Lee, R., Hardy, M., Heber, D., 2005. Rapid large scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. **Separation and Purification Technology**, **41**, (1): 49-55.
136. Çam, M., Hışıl, Y., 2010. Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. **Food Chemistry**, **123**, (3): 878-885.
137. Karamanoęlu, K., 1977. Farmasötik Botanik. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakóltesi Yayınları, 2. Baskı, No: 44, ss:487.
138. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/raporlar/FindikSektorRaporu2012.pdf>, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
139. An, G., Gallegos, J., Morris, M.E., 2011. The Bioflavonoid Kaempferol Is an Abcg2 Substrate and Inhibits Abcg2-Mediated Quercetin Efflux. **Drug Metabolism And Disposition**, **39**, (3): 426-432.
140. Ramalhosa, E., Delgado, T., Estevinho, L., Alberto Pereira, J., 2011. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars and antimicrobial activity.). In V. R. Preedy, R. R.

- Watson, V. B. Patel (Editors), **Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention** (1st ed.) (pp 627-636). London, Burlington, San Diego: Academic Press is an imprint of Elsevier. **ISBN: 9780123756886**.
141. Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Wanasundara, U., Yurttas, H.C., Liyanapathirana, C.M., Rodrigues, F.B., 2003. Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.) 2. Lipid Characteristics and Oxidative Stability. **Journal Agricultural Food Chemistry**, **51**, (13): 3797-3805.
 142. Schwanz, P., Kimball, B.A., Idso, S.B., Hendrix, D.L., Polle, A., 1996. Antioxidants in sun and shade leaves of sour orange trees (*Citrus aurantium*) after long-term acclimation to elevated CO₂. **Journal of Experimental Botany**, **47**, (305): 1941-1950.
 143. Kumar, J.K., Sinha, A.K., 2004. Resurgence of natural colourants: A holistic view. **Natural Product Letters**, **18**, (1): 59-84.
 144. http://www.pousadamicoemica.com.br/Frutas_no_sitio-eng.html, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
 145. Tanker, N., Koyuncu, M., Coşkun, M., 1998. Farmasötik Botanik. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, No: 78, ss:418.
 146. Erdemir, A.D., 2002. Şıfalı bitkiler Doğal İlaçlarla Geleneksel Tedaviler. Alfa Yayınları, Bursa, ss:599.
 147. Asımgil, A., 2009. Şıfalı Bitkiler. Timaş Yayınları, İstanbul, ss:352
 148. <http://www.sifalibitkileriniz.com/sifali-bitkiler/h/hava-civa-otu-ve-faydalari.html>; (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
 149. Assimopoulou, A.N., Karapanagiotis, I., Vasiliou, A., Kokkini, S., Papageorgiou, V.P., 2006. Analysis of alkannin derivatives from *Alkanna* species by high-performance liquid chromatography/photodiode array/mass spectrometry. **Biomedical Chromatograph**, **20**, (12): 1359-1374.
 150. Baytop, T., 1997. Türkçe Bitki Adları Sözlüğü. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Yayınları. No: 578, Ss: 512.

151. Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud-Ali, A., Ganglberger, E., Geissler, S., 2006. Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **86**, (2) :233–242.
152. Bechtold, T., Mahmud-Ali, A., Mussak, R., A.M., 2007. Reuse of ash-tree (*Fraxinus excelsior* L.) bark as natural dyes for textile dyeing: process conditions and process stability. **Coloration Technology**, **123**, (4), 271–279.
153. Vankar, P.S., Shanker, R., Verma, A., 2007. Enzymatic natural dyeing of cotton and silk fabrics without metal mordants. **Journal of Cleaner Production**, **15**, (15): 1441-1450.
154. Vankar, P.S., Shanker, R., Mahanta, T., Tiwari, S.C., 2008b. Ecofriendly sonicator dyeing of cotton with *Rubia cordifolia* Linn. using biomordant. **Dyes and Pigments**, **76**, (1): 207-212.
155. Vankar, P.S., Shanker, R., Dixit, S., Mahanta, D., Tiwari, S.C., 2008c. Sonicator dyeing of modified cotton, wool and silk with *Mahonia napaulensis* DC. And identification of the colorant in Mahonia. **industrial crops and products**, **27**, (3): 371-379.
156. Vankar, P.S., Shanker, R., 2009. Eco-friendly pretreatment of silk fabric for dyeing with *Delonix regia* extract. **Coloration Technology**, **125**, (3): 155-160.
157. Adeel, S., Ali, S., Bhatti, I.A., Zsila, F., 2009. Dyeing of cotton fabric using pomegranate (*punica granatum*) aqueous extract. **Asian Journal of Chemistry**, **21**, (5), 3493-3499.
158. Sivakumar, V., Vijaeeswarri, J., Anna, J.L., 2011. Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound. **Industrial Crops and Products**, **33**, (1): 116-122.
159. Tutak, M., Benli, H., 2011. Colour and fastness of fabrics dyed with walnut (*Juglans regia* L.) base natural dyes. **Asian Journal of Chemistry**, **23**, (2): 566-568.

160. Tutak, M., Benli, H., 2012. Dyeing properties of textiles by Turkish hazelnut (*Corylus colurna*): leaves, coat, shell and dice. **Coloration Technology**, **128**, (6): 454-458.
161. Benli, H., Bahtiyari, M.İ., 2012. Use of orange tree leaves in dyeing of viscose fabrics, **Akdeniz Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi**, **8**, (4): 85-89.
162. Bahtiyari, M.İ., Benli, H., Yavaş, A., 2013. Printing of Wool and Cotton Fabrics with Natural Dyes. **Asian Journal of Chemistry**, **25**, (69): 3220-3224.
163. Davulcu, A., Benli, H., Şen, Y., Bahtiyari, M.İ., 2014. Dyeing of cotton with thyme and pomegranate peel. **Cellulose**, **21**, (6): 4671-4680.
164. Karmakar, S.R., 1999. Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles. First edition, In Textile Science and Technology Series, Vol. 12. Amsterdam, Netherlands, Elsevier Science B.V., pp. 521.
165. Ingamels, W., 1993. Colour for textiles a user's handbook. SDC, UK.
166. Park, J., 1993. Instrumental Colour Formulation. SDC, Perkin House, Bradford, UK,
167. Duran K., 2001. Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma. E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi yayın No: 17. İzmir, ss.308.
168. ISO 105-B02: Yapay ışığa karşı Renk Haslığı Tayini, TS, Ksenon ark soldurma lambası deneyi.
169. TS EN ISO 105-C06: Evsel yıkamaya ve ticari müesseselerde yıkamaya karşı renk haslığı, TS.
170. ISO 105-X12: Sürtmeye karşı renk haslığı tayini, TS.
171. ISO 105-E04: Tere karşı renk haslığı tayini, TS.
172. ISO 105-A02:1993 ve ISO 105-A01:1994. Renk değişimini belirlemek için gri skala,
173. ASTM E-2149-01, Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions,

174. AATCC Test Metod 130: Soil Release: Oily Stain Release Method.
175. ASTM D-523: Parlaklık için test metodu.
176. Das. D., Bhattacharya. S.C., Maulik. S.R., 2006. Dyeing of wool and silk with Punica granatum. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, **31**, (4): 559-564.
177. Zarkogianni, M., Mikropoulou, E., Varella, E., Tsatsaroni, E., 2010. Colour and fastness of natural dyes: revival of traditional dyeing techniques. **Coloration Technology**, **127**, (1): 18-27
178. Cristea, D., Vilarem, G., 2006. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. **Dyes and Pigments**, **70**, (3): 238-245.
179. Özgökçe, F., Yılmaz, İ., 2003. Dye Plants of East Anatolia Region. **Economic Botany**, **57**, (4): 454-460.
180. Gulrajani, M.L., Gupta, D., Maulik, S.R., 1999. Studies on dyeing with natural dyes: Part III - Dyeing of Ratanjot dye on nylon and polyester. **Indian Journal of Fibre Textile Research**, **24**, (4): 294-296.
181. Tiedemann, E.J., Yang, Y., 1995. Fiber-Safe Extraction of Red Mordant Dyes from Hair Fibers. **Journal of the American Institute for Conservation**, **34**, (3): 195-206.
182. <http://www.rhopointinstruments.com/faqs/what-is-a-gloss-unit>, (Erişim tarihi: Mayıs 2014).
183. <http://en.wikipedia.org/wiki/Glossmeter>, (Erişim tarihi: Ağustos 2014).
184. <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/548bloodglucose.html>, (Erişim tarihi: Ağustos 2014).
185. Bilgin, E., 2003. Selüloz esaslı kumaşlarda ön terbiye işlemleri sırasında meydana gelen kimyasal zararlar ve analiz yöntemleri. Ege Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, ss: 75.
186. Chung, C., Lee, M., Choe, E. K., 2004. Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy. **Carbohydr. Polym.** **58**, (4): 417-420.

187. Wang, Q., Fan, X., Gao, W., Chen, J., 2006. Characterization of bioscoured cotton fabrics using FT-IR ATR spectroscopy and microscopy techniques. **Carbohydrate Research**, **341**, (12): 2170-2175.
188. https://www.google.com.tr/?gfe_rd=cr&ei=qQiAVLSnLeqH8Qet94HgAw#q=http:%2F%2Fwww.ftg.org.tr%2Ffiles%2F...%2Ffindikta-fitokimyasal-maddeller-ve-bioaktifle.doc, (Erişim tarihi: Ağustos 2014).
189. ISO 2062:2009; Textiles-Yarns Form Packages-Determination of Single-End Breaking Force and Elongation At Break.
190. Perincek, S.D., 2006. Ozon, UV, Ultrason Teknolojileri ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye işlemlerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, ss: 220.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Hüseyin BENLİ

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 10 Temmuz 1969, Kayseri

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 537 337 65 37

Fax: +90 352 437 50 57

e-mail: hbenli@erciyes.edu.tr

Yazışma Adresi: ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O. 38039 Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimler Enstitüsü	2008
Lisans	İÜ Müh. Fak. Kimya Müh. Böl.	1994
Lise	Kayseri Lisesi, Ankara	1988

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
1999-	ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O.	Öğr. Gör.
2012 -	ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O.	MYO Müdür Yardımcısı
2012-	ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O.	Yönetim Kurulu Üyesi
2012-	Baget Boya Ar-Ge ve Eğitim Hizmetleri ERÜ Teknopark	Yönetici
2010 – 2011	ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O.	Bölüm Başkanı
2007 - 2010	ERÜ Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O.	Program Koordinatörü
2001 - 2006	ERÜ Kocasinan M.Y.O.	Yönetim Kurulu Üyesi
2001 - 2006	ERÜ Kocasinan M.Y.O.	MYO Müdür Yardımcısı
1996 - 1999	Birlik Mensucat A.Ş. Boya-terbiye Bölümü	Boya Terbiye Şefi

YABANCI DİL

İngilizce,

YAYINLAR

- 1) Benli H., Bahtiyari M.I., "Use of ultrasound in biopreparation and natural dyeing of cotton fabric in a single bath", Cellulose, online, (2014).
- 2) Benli H., Bahtiyari M.I., "Combination of ozone and ultrasound in pretreatment of cotton fabrics prior to natural dyeing", Journal of cleaner production, (2014).
- 3) Davulcu A., Benli H., Şen Y., Bahtiyari M.I., "Dyeing of cotton with thyme and pomegranate peel", Cellulose, online, (2014).
- 4) Bahtiyari M.I., Davulcu A., Benli H., "Pretreatment Of Angora Rabbit Fibers", American J. Materials Engineering and Technology, vol.2, pp.13-15, (2014)
- 5) Bahtiyari M., Benli H., Yavaş A., "Printing of Wool And Cotton Fabrics With Natural Dyes", Asian J. of Chemistry. 25, 3220-3224 (2013)
- 6) Tutak M., Önal L., Benli H., "Investigation of Wicking Properties of Naturally-Dyed Linen Fabrics", Tekstil ve Konfeksiyon. 23, 374-380 (2013)
- 7) Tutak M., Benli H., "Dyeing Properties Of Textiles By Turkish Hazelnut (Corylus Colurna): Leaves, Coat, Shell And Dice", Coloration Technology. 128, 454-458 (2012)
- 8) Karacan İ., Benli H., "An X-Ray Diffraction Study For Isotactic Polypropylene Fibres Produced With Take-Up Speeds Of 2500-4250 M/Min", Textile and Apparel Research. 21, 201-209, (2011)
- 9) Karacan İ., Benli H., "The Role of Dry And Wet Isothermal Annealing Treatment On The Structure And The Mechanical Properties Of Isotactic Polypropylene Fibers", J. Applied polymer science. 124, 3037-3050, (2011)
- 10) Tutak M., Benli H., "Colour And Fastness of Fabrics Dyed With Walnut (Juglans Regia L.) Base Naturel Dyes", Asian Journal of Chemistry. 23, 566-568, (2011)
- 11) Karacan İ., Benli H., "Use Of Sulfonation Procedure For The Development Of Thermally Stalilazed Isotactic Polypropylene Fibers Prior To Carbonization", J. Applied polymer science. 123, 234-245, (2011)
- 12) Karacan İ., Benli H., "The Influence of Anneling Treatment On The Molecular Structure And The Mechanical Properties of Isotactic Polypropylene Fibres", J. Applied polymer science. 122, 3222-3338 (2011)
- 13) Karacan İ., Benli H., "The Use of Infrared-Spectroscopy Technique For The Structural Characterization of Isotactic Polypropylene Fibres", Textile and Apparel Research. 21, 116-123 (2011)
- 14) Karacan İ., Benli H., "The Effect of Sulfonation Treatment On The Structure And Properties of Isotactic Polypropylene Fibers Prior to The Carbonization Stage", J. Applied polymer science. 123, 3375-3389 (2011)