

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

**KETEN KUMAŞLARIN TERBİYESİNDE ALTERNATİF
YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Özge ERCÖMERT**

**Danışman
Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

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

**KETEN KUMAŞLARIN TERBİYESİNDE ALTERNATİF
YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Özge ERCÖMERT**

**Danışman
Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ**

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

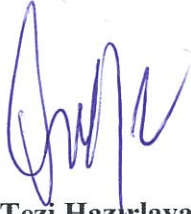
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

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.



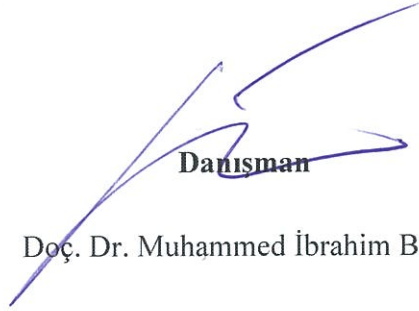
Özge ERCÖMERT

‘Keten Kumaşların Terbiyesinde Alternatif Yöntemlerin Araştırılması’ adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Özge ERCÖMERT



Danışman

Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK



Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ danışmanlığında **Özge ERCÖMERT** tarafından hazırlanan '**Keten Kumaşların Terbiyesinde Alternatif Yöntemlerin Araştırılması**' adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

28/06/2019

JÜRİ:

Danışman: Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ

Üye : Doç. Dr. Hüseyin BENLİ

Üye : Doç. Dr. Asım DAVULCU

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun **2019/40-13** sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09/07/2019 tarih ve

Mehmet Akkurt
09/07/2019

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi, deneysel çalışmaların yürütülmesi, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve tezin yazımı sırasında yardımlarını esirgemeyen ve sabırla ilgilenen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Muhammed İbrahim BAHTİYARİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatıma girdiği günden beri benden hiçbir yardımını esirgemeyen, deneysel çalışmalarım ve tezin yazımında emeklerini eksik etmeyen arkadaşım doktora öğrencisi Ayşegül ERDEM'e, aynı laboratuvarı paylaştığımız bütün çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, maddi ve manevi her zaman yanımda olan anneme ve babama, desteğini her zaman hissettiğim canım kardeşime, tezin yazımı aşamasında sevgi ve hoşgörüyle yanımda olan eşime teşekkürlerimi sunarım.

Özge ERCÖMERT

Kayseri, Temmuz 2019

KETEN KUMAŞLARIN TERBİYESİNDE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

Özge ERCÖMERT

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2019
Danışman: Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ**

ÖZET

Keten lifi tercih edilen bir doğal elyafıdır ve tüketicilere farklı özellikler sunar, ancak benzersiz özelliklerini ve görünümünü sunmak için birkaç işleme ve çoğunlukla yoğun terbiye işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Boyama işlemlerinden önce, kirliliklerin uzaklaştırılması ve yeterli beyazlıkların elde edilmesi gerekmektedir. Keten kumaşlara uygulanan geleneksel ön terbiye işlemlerinde, yoğun bir kimyasal madde, yardımcı madde ve ayrıca su kullanımı mevcuttur. Üstelik bu işlemler yüksek sıcaklık da gerektirmektedir. Ayrıca, keten liflerinin boyanması, insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek farklı sentetik boyalar kullanılarak da yapılabilmektedir. Bu nedenle, konuyla ilgili çözüm içeren farklı girişimler literatürde bildirilmiştir.

Bu tezin amacı alternatif terbiye işlemlerinin uygulanabilirliğini göstermektir. Bu amaç için öncelikle keten kumaşlarının boyanmasında farklı doğal boya kaynaklarının kullanılabilirliği test edilmiş ve keten kumaşlarının renklendirilmesinde kök boya, havacıva bitkisinin kökü ve portakal ağacı yaprakları kullanılmıştır. Daha sonra, geleneksel ön terbiye işlemleri ultrason yardımıyla gerçekleştirilmiş ve bu doğal boya kaynakları ile boyama yine ultrasonik ortamda yapılmıştır. Bu sayede, ultrasonun boyama ve geleneksel ön terbiye işlemlerindeki avantajları belirlenmiştir. Ultrasonik enerji ayrıca pektinaz bazlı biyoterbiye işlemleriyle de birleştirilmiş ve bu işlemlerden çıkan örnekler daha sonra yine ultrason kullanılarak kökboya ile boyanmıştır. Doğal liflerin ön terbiyesinde kullanılabilirliği önceden de bildirilmiş olan ozon, keten kumaşlarının ağartılması için de incelenmiştir. Ozonun kullanılabilirliğinin klasik analizine ek olarak bu çalışmalarda: sadece su; peroksit; peroksit + sodyum hidroksit içeren ultrasonik nemlendirici ile kombinasyon çalışmaları da test edilmiş ve ozon işlemlerinden sonra ultrasonik boyama etkisi de analiz edilmiştir.

Sonuç olarak; enzim, konvansiyonel kimyasallar, ultrason, ozon ve doğal boya kaynaklarının kullanımını içeren bu test edilmiş alternatif terbiye işlemlerinin, keten kumaşlarının terbiye edilmesinde alternatif oluşturabilecekleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Keten kumaşı, doğal boya kaynakları, ozon, ultrason, enzim



INVESTIGATION OF ALTERNATIVE METHODS IN THE FINISHING OF LINEN FABRICS

Özge ERCÖMERT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, June 2019

Supervisor: Assoc. Prof. M. İbrahim BAHTİYARİ

ABSTRACT

Linen fiber is a preferred natural fiber and present different features to the consumers however they need several processes and mostly intense finishing treatments to offer their unique properties and appearance. Before dyeing processes, it is necessary to remove the contaminants from them and to gain an adequate whiteness. In conventional pre-treatment processes applied to linen fabrics, there is an intensive use of chemicals, auxiliary and also water. Moreover these processes require high temperature as well. Moreover the dyeings of linen fibers can be done by the use of different synthetic dyes which can have negative effects on human and environmental health. Because of this, related with the topic several different attempts have been reported in literature.

The aim of this thesis is to show the applicability of alternative finishing processes. For this aim firstly the usability of different natural dye sources in dyeing of the linen fabrics were tested and madder, alkanet roots and the orange tree leaves were used in coloration of linen fabrics. Then the conventional pretreatment processes were carried out with the help of ultrasound and dyeing with these natural dye sources were also managed in presence of ultrasound too. In this way, the advantages of ultrasound in dyeing and conventional pretreatment were determined. Moreover, ultrasonic energy were also combined with the pectinase based bio-finishing processes and the samples come out from this processes were then dyed with the madder by use of ultrasound as well. The ozone which have already announced as its usability in pretreatment of the natural fibers were also investigated for the bleaching of the linen fabrics. In those studies addition to the classic analysis of the usability of ozone, the combination with the ultrasonic humidifier containing only water, peroxide, peroxide + sodium hydroxide have been tested and the effect of ultrasonic washings after ozone treatments were analyzed too. Then the selected ozone based bleached sample was dyed with the madder with/without use of ultrasound too.

As a result, it was seen that the tested alternative finishing processes containing the use of enzymes, conventional chemicals, ultrasound, ozone and natural dye sources can be alternative for the finishing of the linen fabrics.

Keywords: Linen fabric, natural dye sources, ozone, ultrasound, enzyme



İÇİNDEKİLER

KETEN KUMAŞLARIN TERBİYESİNDE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
TABLolar LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Keten Lifi	3
1.1.1. Ketenin Elde Edilmesi	4
1.1.1.1. Çürütme	5
1.1.1.2. Dövme	5
1.1.1.3. Taraklama	6
1.1.2 Keten Lifinin Yapısı	6
1.1.2.1. Keten Lifinin Fiziksel Yapısı	6
1.2. Ketenin Lifinin Terbiye İşlemleri	7
1.2.1. Alternatif Terbiye İşlemleri	8

1.2.1.1. Enzimatik Prosesler	8
1.2.1.2. Ultrasonik Prosesler	9
1.2.1.3. Ozon Prosesleri	11
1.3. Keten Liflerinin Boyanması	13
1.3.1. Doğal Boyamacılık.....	14
1.3.2. Doğal Boyaların Avantaj ve Dezavantajları	15
1.3.2.1. Doğal Boyaların Avantajları.....	15
1.3.2.1. Doğal Boyaların Dezavantajları	16
1.3.3. Doğal Boyaların Sınıflandırılması	16
1.3.4. Tez Kapsamında Kullanılan Bitkiler.....	16
1.4. Keten Lifi ve Tez Kapsamında Değerlendirilen Alternatif Terbiye Yöntemleri Hakkında Yapılan Güncel Çalışmalar.....	19

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kullanılan Materyaller ve Cihazlar	25
2.1.1. Çalışmada Kullanılan Kumaş Özellikleri	25
2.1.2. Kimyasallar, Yardımcı Maddeler, Enzimler ve Boyarmaddeler.....	25
2.1.3. Cihaz ve Makineler	27
2.2. Yöntem	28
2.2.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması	29
2.2.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması.....	31
2.2.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması	33
2.2.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması.....	35
2.3. Değerlendirmede Kullanılan Deney ve Test Metodları	37
2.3.1. Beyazlık Derecesi Tayini.....	37

2.3.2. Hidrofilite Testi.....	37
2.3.3. Renk Verimi Tayini (K/S).....	38
2.3.4. Hask Ölçümleri.....	38
2.3.5. Mukavemet Ölçümü.....	38

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması	40
3.1.1. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiyesi.....	40
3.1.2. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Boyanması	41
3.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması	45
3.2.1. Keten Kumaşların NaOH/Na ₂ CO ₃ ve H ₂ O ₂ Kullanılarak Gerçekleştirilen Ultrasonik Hidrofilleştirme Ve Ağartma İşlemleri.....	45
3.2.2. Keten Kumaşların Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması	46
3.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması.....	49
3.3.1. Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması	49
3.3.2. Ultrasonik Ortamda Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması	50
3.3.3. Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi Gerçekleştirilen Kumaşların Ultrasonik Yöntemle Kök Boya ile Boyanması İşlemi	51
3.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması	52

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması	64
4.1.1. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiyesi.....	64
4.1.2. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Boyanması	66

4.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması	78
4.2.1. Keten Kumaşların NaOH/Na₂CO₃ ve H₂O₂ kullanılarak gerçekleştirilen ultrasonik hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri:.....	78
4.2.2. Keten Kumaşların Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması	79
4.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması.....	88
4.3.1. Pektinaz enziminin etkinliğinin araştırılması.....	88
4.3.2. Ultrasonik Ortamda Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması	89
4.3.3. Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi Gerçekleştirilen Kumaşların Ultrasonik Yöntemle Kök Boya ile Boyanması İşlemi	90
4.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması	91
4.4.1. Ozonun Keten Ön Terbiyesinde Kullanılan Nem, Süre ve pH Etkisinin Araştırılması	92
4.4.2. Ozonun Ultrasonik Nemlendirici; H₂O₂ ve H₂O₂ + NaOH ile Kombinasyonu	93
4.5. Genel Sonuç ve Öneriler	96
KAYNAKÇA	100
ÖZGEÇMİŞ.....	109

SİMGELER VE KISALTMALAR

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
a^*	: Kırmızı-Yeşil eksen
b^*	: Sarı-mavi eksen
C^*	: Doygunluk
cm	: Santimetre
cm^3	: Santimetreküp
CuSO_4	: Bakır Sülfat
d	: Dakika
FeSO_4	: Demir Sülfat
g	: Gram
h°	: Renk cinsi
H_2O_2	: Hidrojen Peroksit
HCl	: Hidroklorik Asit
Hz	: Hertz
K/S	: Renk verimi
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	: Potasyum Dikromat
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	: Şap
kg	: Kilogram
kHz	: Kiloherertz
L	: Litre
L^*	: Açıklık-Koyuluk eksen
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mv	: Megavolt

N	: Kuvvet
Na₂CO₃	: Sodyum Karbonat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
nm	: Nanometre
P	: Basınç
pH	: Ortamın asitlik veya baziklik ölçüsü ($-\log[H^+]$)
sa	: Saat
sn	: Saniye
SnCl₂	: Kalay Klorür
T	: Sıcaklık
UV	: Ultraviyole

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Keten Lifinin Enine Kesidi	6
Şekil 1.2.	Ozon gazı üretim şeması	12
Şekil 1.3.	Kök Boya Bitkisi	17
Şekil 1.4.	Havacıva Otu	18
Şekil 1.5.	Portakal Ağacı	19
Şekil 2.1.	Kök boya bitkisi	26
Şekil 2.2.	Öğütülmüş kök boya bitkisi	26
Şekil 2.3.	Havacıva bitkisi	26
Şekil 2.4.	Öğütülmüş havacıva bitkisi	26
Şekil 2.5.	Portakal ağacı yaprakları	27
Şekil 2.6.	Öğütülmüş portakal ağacı yaprakları	27
Şekil 2.7.	Keten kumaşlarda enzim kullanılan çalışma reçetesi	33
Şekil 2.8.	Ozonlama reçetesi	35
Şekil 2.9.	Hidrofilite deney düzeneği	37
Şekil 3.1.	Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık değerleri grafiği	53
Şekil 4.1.	NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması ile elde edilen renkler	68
Şekil 4.2.	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması ile elde edilen renkler	68
Şekil 4.3.	NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların havacıva ile boyanması ile elde edilen renkler	72
Şekil 4.4.	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların havacıva ile boyanması ile elde edilen renkler	72
Şekil 4.5.	NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı ile boyanması ile elde edilen renkler	76
Şekil 4.6.	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı ile boyanması ile elde edilen renkler	76

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Keten lifinin kimyasal yapısı.....	7
Tablo 2.1. Tez kapsamında kullanılan kumaş özellikleri	25
Tablo 2.2. Keten kumaşlara uygulanan konvansiyonel ön terbiye reçetesi ve prosesi.....	29
Tablo 2.3. Doğal boyama reçetesi	30
Tablo 2.4. Ultrasonik yöntemlerle uygulanan ön terbiye işlemleri reçetesi	31
Tablo 2.5. Ultrasonik yöntemlerle uygulanan boyama reçetesi	32
Tablo 2.6. Ultrasonik banyoda enzimle işlem reçetesi	34
Tablo 2.7. Pektinaz enzimi ile ön terbiyesi gerçekleştirilen kumaşların ultrasonik yöntemle boyama reçetesi.	35
Tablo 3.1. Konvansiyonel yöntemlerle hidrofilleştirilen ve ağartılan numunelere ait ölçüm sonuçları	40
Tablo 3.2. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	41
Tablo 3.3. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	42
Tablo 3.4. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan ile numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri.....	42
Tablo 3.5. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	43
Tablo 3.6. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	43

Tablo 3.7. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan ile numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri.....	43
Tablo 3.8. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri	44
Tablo 3.9. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri	44
Tablo 3.10. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan ile numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri	45
Tablo 3.11. Ultrasonik yöntemle Ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen hidrofilleştirme ve ağartma işlemi.....	45
Tablo 3.12. Ultrasonik yöntemle Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen hidrofilleştirme ve ağartma işlemi.....	46
Tablo 3.13. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	46
Tablo 3.14. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	47
Tablo 3.15. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	47
Tablo 3.16. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	48
Tablo 3.17. NaOH ile hidrofilleştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri	48

Tablo 3.18. Na ₂ CO ₃ ile hidrofilileştirilen, H ₂ O ₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri	49
Tablo 3.19. Pektinaz enzimi ile boyama tüplerinde işlem görmüş numunelerin hidrofilite ve beyazlık ölçümleri	50
Tablo 3.20. Pektinaz enzimiyle boyama tüplerinde işlem görmüş ve ardından ağartılmış numunelerin hidrofilite ölçümleri	50
Tablo 3.21. Ultrasonik yöntemle ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen enzimatik işlem ve ağartma işlemi	51
Tablo 3.22. Ultrasonik yöntemle ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen enzimatik işlem ve ağartma işlemi	51
Tablo 3.23. Pektinaz enzimi ile ön terbiyesi gerçekleştirilen numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri	52
Tablo 3.24. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık değerleri	52
Tablo 3.25. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen hidrofilite değerleri	53
Tablo 3.26. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen CIELab ve K/S değerleri	54
Tablo 3.27. Farklı sürelerde gerçekleştirilen ozonlama işlemi sonucunda elde edilen beyazlık ve CIELab değerleri	54
Tablo 3.28. Farklı pH'larda gerçekleştirilen ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık ve CIELab değerleri	54
Tablo 3.29. Nemlendirme yapılmadan sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri	55
Tablo 3.30. Nemlendirme yapılmadan sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri	55
Tablo 3.31. Nemlendirme yapılmadan sadece H ₂ O ₂ içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri	55

Tablo 3.32. Nemlendirme yapılmadan sadece H_2O_2 içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri.....	56
Tablo 3.33. Nemlendirme yapılmadan H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri.....	56
Tablo 3.34. Nemlendirme yapılmadan H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri.....	56
Tablo 3.35. %40 nemlendirme sonrası sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri	56
Tablo 3.36. %40 nemlendirme sonrası sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri	57
Tablo 3.37. %40 nemlendirme sonrası sadece H_2O_2 içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri	57
Tablo 3.38. %40 nemlendirme sonrası sadece H_2O_2 içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri.....	57
Tablo 3.39. %40 nemlendirme sonrası H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri	57
Tablo 3.40. %40 nemlendirme sonrası H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri.....	58
Tablo 3.41. Ozon gazı yöntemiyle ağartılmış numunelerin ultrasonik banyoda kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri.....	58
Tabo 4.1. Ağartılmış kumaşların mukavemet ölçüm sonuçları.....	97

GİRİŞ

Tekstil sektörü sürekli bir değişim halindedir. Tekstil materyallerinin yoğun bir şekilde kullanımı geçmişten günümüze kadar süregelenmektedir. Günlük hayatta bir tekstil materyalinden birçok olumlu özellik beklenmektedir. Modaya uygun renkte olması, mümkünse doğal olması, çeşitli kullanım konforu özelliklerini kullanıcıya sunması bunlardan bazılarıdır.

Günümüz şartlarında bir tekstil ürününden sadece olumlu özellikler beklemenin yanı sıra, ürünlerin üretim aşamasının da çevre için daha sağlıklı, daha az enerji ve zaman gerektiren, daha az atık bırakan ve daha az kimyasalla daha doğal uygulamaların yapılabilmesi yönünden de araştırılması önem arz etmektedir. Bu sebeple, tekstil terbiye aşamalarında kullanılan su miktarının, harcanan enerjinin, harcanan zamanın ve kullanılan kimyasal maddelerin günümüzde gelişmiş teknolojilerden faydalanarak alternatif terbiye yöntemleri ile azaltılması üzerine araştırmaların yapılması dikkate değer bir konu olmuştur.

Bu çalışmada, bahsedilen zararları en aza indirerek hem sanayi alanında avantaj oluşturmak hem de daha doğal üretim ve ürün sağlamak amacıyla ultrason teknolojisi, ozon gazı teknolojisi, enzimler ve birbirinden farklı doğal boyarmaddeler kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada, öncelikle doğal boyaların keten kumaş numunelerini renklendirebilirliğini incelemek amacıyla kumaşlara konvansiyonel ön terbiye işlemleri uygulanarak, ardından kök boya, havacıya bitkisi ve portakal ağacı yaprakları ile renklendirilmeleri test edilmiştir. Çalışmanın bir diğer adımında, konvansiyonel ön terbiye işlemleri ultrasonik ortamda uygulanmış ve sonra doğal boya kaynaklarının renklendirebilirliği ultrasonik ortamda denenmiştir. Bir sonraki uygulamada, keten kumaşları üzerinde pektinaz enziminin ultrason ile kombinasyon çalışmaları test edilmiş ve sonrasında kök boya ile ultrasonik ortamda boyanabilirlikleri test edilmiştir.

Çalışmanın son adımında ise, ozon gazının keten lifi üzerindeki etkisi incelenmiş, klasik ozon uygulamaları ve ozonlama ile ultrasonik nemlendirme proseslerinin kombinasyonları test edilmiş sonrasında ise kumaşların ultrasonik ortamda boyanabilirliği test edilmiştir.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Keten Lifi

Temelde lifler elde edildikleri kaynak türüne göre doğal lifler ve kimyasal lifler olmak üzere 2 ana gruba ayrılmaktadır. Doğal lifler bütünüyle doğadan elde edilen grubu oluşturur ve kaynağına göre 3 ana gruba ayrılırlar. Bunları; bitkisel lifler, hayvansal lifler ve mineral lifler olarak sıralayabiliriz [1]. Kimyasal lifler elde edildikleri kaynak türüne göre; doğal polimerlerden elde edilen, sentetik polimerlerden elde edilen ve anorganik maddelerden elde edilen olmak üzere 3 sınıfta toplanır [2]. Bitkisel lifleri ele aldığımızda selüloz esaslı tohum liflerini (pamuk, kapok), sak/gövde liflerini (keten, kenevir, jüt ve kenaf), yaprak liflerini (abaka, ananas, sisal, palmiye) ve meyve liflerini (hindistan cevizi lifi gibi) kapsadığını görebiliriz [3].

Keten, temel olarak tohumu ve lifi için yetiştirilmektedir. Ülkemizde keten ekilmektedir ancak yüksek kalitede değildir. Fransız keteni parlaklığı ile bilinirken, İrlanda keteni beyazlığı ile bilinmektedir. Keten bir yıllık bir bitkidir, soğuk iklim, rutubetli ve derin toprakları sever [4].

Farklı özelliklere sahip olan ve bilinen en eski kumaşlardan keten. [5]. Mısır'da M.Ö. 4. yüzyılda keten yetiştiriciliği yapıldığı firkine mabetler ve mezarlar üzerine yapılan resimlerden varılmaktadır [6].

Keten (Latince Linum), Ketengiller familyasından, haziran-ağustos ayları arasında mavimsi veya sarı renkli çiçekler açan bir bitkidir. Keten (Linum usitatissimum L.) 13 cinsi, 300 türü bulunan ve Linaceae familyasına bağlı olan bir türdür [7]. Keten bitkisi 4 feet yüksekliğinde yetişir ve keten lifleri yerde odunsu malzeme ve hücresel maddeden oluşan bitki yüzeyinin altında bulunur [8].

Keten lifleri fermentasyon işlemi ile bitkiden ayrılır. Kimyasal havuzlamada bazlar ve asitler kullanılarak biraz başarı sağlansa dahi bu prosesler doğal fermentasyon tekniklerine göre pahalı olabilir. Elyaf lar bitkiden odunsu gövdenin dövülmesi ve taraklanması sayesinde ayrılır. Elde edilen lifler eğirme için hazırdır ve uzunlukları 30-38 cm' dir [8].

Ketenin kimyasal yapısında; % 80 selüloz, % 3 pektin, % 10 su bulunur. Tohumları % 40-45 yağ içerir ve yağ eldesinde kullanılır [7]. Bezir yağı olarak bilinen bu yağ boyacılıkta kullanılır. Yağı alınan tohumlar hayvan yemi olarak kullanılır. Keten farklı çeşitteki topraklarda yetişebilir. Yağ ketenleri ise güneşli havayı sever, lif ketenleri nemli havayı sever. Ketenin rutubet sınırı % 12 olmakla beraber, keten lifi ıslak halde kuru haldekine oranla % 20 daha mukavemet sahibidir. Bu, ketenin yıkamada mekanik uygulamalara karşı dayanıklılık göstermesinin doğal sebebidir [9].

Keten, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ekilmektedir. Boyları 1-2 metreye kadar uzamaktadır. Haziran ve ağustos aylarında olgunlaşır ve sonrasında hasadı gerçekleştirilir [4].

1.1.1. Ketenin Elde Edilmesi

Bitkisel (selülozik) lif olan keten lifi bitkinin sap ve gövdesinden elde edilir. Keten sapının enine kesitinde en dışta epiderm adı verilen kabuk tabakası yer almaktadır. Bu tabakanın iç kısımlarında odunsu hücreler arasında demetler halinde lif hücreleri bulunur. Söz konusu lif demetleri kabuktaki diğer dokulara ve birbirlerine pektin adı verilen madde ile bağlıdır [3].

Keten bitkisinin hasadı topraktan elle yolunarak yapılır. Kökler bir tarafa saplar bir tarafa olmak üzere demetler halinde tarlada kurumaya bırakılır. Üzerindeki yapraklar kuruyup döküldükten sonra kendi sapları ile bağlanarak demet haline getirilir [10].

Kurutulmuş keten bitkisinden keten lifleri mekaniksel yöntemle veya havuzlama yöntemiyle ayrıştırılabilir. Mekaniksel yöntemin özünde keten bitkilerinin kırılmaması yatar. Temel işlem ezerek odun kısımları lifli kabuklardan ayırt etmektir. Saplar çürütülür, ardından çürütülen saplar kurutulur. Sert kısımlar kırılır, kırılan odunsu parçalar sıyrılır ve taranarak elyaf demetleri temizlenir. Böylece iplik yapımına

hazırlanmış olur. Bu nedenle keten lifinin elde edilmesi için en uygun yöntem havuzlamadır [11]. Kurutulmuş bitkiden lifin elde edilmesi 3 aşamada gerçekleşir [10].

1.1.1.1. Çürütme

Keten liflerini yapışık olduğu diğer dokulardan ayırmak için yapılan işlemdir. Çürütme işlemi 3 değişik yöntemle yapılmaktadır [12].

➤ Çiğ İle Çürütme

Fazla neme sahip bölgelerde, keten sapsarı çayırlar üzerine serilerek nemli havaya bırakılır. Keten sapsarının çürümesi mikroorganizmalar vasıtasıyla gerçekleşir. Nem varlığı ile ortaya çıkan bu mikroorganizmalar, lif demetlerini odunsu hücrelere bağlayan pektin maddesini eritirler. İşlem 1–1,5 ayda tamamlanır. Bu metotla gayet yumuşak lifler elde edilir [13].

➤ Su İle Çürütme

Kurak bölgelerde keten sapsarı akarsu veya havuzlar içinde yapılır. Sıcak sularda mikroorganizmalar kendini hemen gösterdiği için bu işlem kısa sürer. Akarsularda 1–5 haftada işlem tamamlanır. Durgun sularda, havuzda veya fabrika havuzlarında ise su daha fazla ısınır ve aynı zamanda kısa sürede ısındığı için işlemin süresi kısalarak 4–6 güne kadar iner [13].

➤ Kimyasal Çürütme

Keten sapsarı %3'lük HCl ile havuzlarda 2–3 gün süre ile bekletilir. Sonrasında yıkanıp nötrale edilir. Yukarıda sayılan çürütme yöntemlerine nazaran daha çabuktur fakat daha düşük kalitede lifler elde edilmesi gibi bir dezavantaj taşır [13].

1.1.1.2. Dövme

Çürütme işlemini takiben demetler dikine konumlanarak açık havada ya da güneşsiz alanda kurutulur. Kurumuş sapsarı önce büyükçe bir kütük ya da taş üzerine konarak tokmak vasıtasıyla dövülür. Tokmakla dövmek kırma işleminden önce yapılan hazırlıktır. Bu sayede keten sapsarının odun kısımları kabuktan kolaylıkla ayrılabilir hale gelir. Keten sapsarı dövdükten sonra bu işlemler için üretilmiş olan el aletleri ile kırılır. Bu aletlere ise 'Mengenez' denilmektedir [6].

1.1.1.3. Taraklama

Keten liflerinin yüzeyinde kalan odunsu parçaları uzaklaştırmak için önce çırpılma işlemi gerekmektedir, daha sonra uzun ve kısa lifleri ayırmak için taraklama yapılır [13]. Mengenezde kırılan odunsu yapı ise çivili yapıdan oluşan taraklarla temizlenir [10].

1.1.2 Keten Lifinin Yapısı

1.1.2.1. Keten Lifinin Fiziksel Yapısı

Keten sapının enine kesitini ele aldığımızda en dışta epiderm adı verilen bir tabakanın olduğu görülmektedir. Epiderm denilen tabakanın iç kısmında odunsu hücreler arasında demetler halinde lif hücreleri bulunur ve bu lif demetleri birbirlerine ve aynı zamanda kabuktaki odunsu hücrelere pektin maddesi ile tutunmaktadır. Fakat lif hücrelerini birbirine bağlayan pektin maddesi ile demetleri kabuktaki odunsu hücrelere bağlayan pektin maddesi aynı yapıya sahip değildir [3].

En dışta ince bir tabaka formunda yağ ve vaksılar bulunur. Lif kalınlığı 0,014–0,025 mm arasında iken lif demetinin uzunluğu 30-90 cm aralığındadır. Bir lifin uzunluğu ise 7–8 cm civarındadır. Keten sarımtırak beyaz renkte, hafif mavimsidir. Ağartılmış yüksek kalitedeki keten lifleri kar beyaz renge sahipken, bitkisel lifler içerisinde parlaklık bakımından önde gelmektedir [6]. Bu rengin hangi seviyede bir kalitede olduğu konusunda bitkinin kalitesi ve bitkinin nasıl işlendiği gibi hususlar önemlidir [12]. Ketenin, uzun ve ince olanı tercih edilir. Keten lifinin dayanıklılığı yüksek olup, bu dayanıklılık kuru iken ortalama 2-7 g/d, yaş iken ortalama 2,5-9 g/d 'dir [8]. Islakken dayanıklılığı daha fazladır. Az oranda aşınırlar, serin tutarlar [14].



Şekil 1.1. Keten Lifinin Enine Kesidi [15]

1.1.2.2. Keten Lifinin Kimyasal Yapısı

Pamuktan sonra en çok selüloz içeren tekstil maddelerinden biri ketendir. $1,5 \text{ g/cm}^3$ özgül ağırlığa sahiptir [12]. Bunun yanısıra yapısında fazlaca yabancı madde bulundurur ve bu durum ön terbiye, sonrasında ise boyanma işlemleri sırasında sorun teşkil eder [6]. Keten asitlere ve bazlara karşı kuvvetli bir dirence sahiptir, böcek ve mikroorganizmalar karşısında dayanıklılık gösterir yalnızca fazla miktarda nemli koşullar oluştuğunda küflenebilme özelliğine sahiptir [8]. 120°C üzerindeki sıcaklıklarda zarar görmelerinin yanısıra uzun süre güneşe maruz bırakıldığında dayanıklılığında azalma olduğu gözlemlenir [12]. Keten lifinin kimyasal yapısı Tablo 1.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Keten lifinin kimyasal yapısı [12].

Kimyasal Maddeler	Havuzlanmamış Keten (%)	Havuzlanmış Keten (%)
Selüloz	56,5	64,1
Hemiselüloz	15,4	16,7
Pektin	3,8	1,8
Lignin	2,5	2
Suda çözünen maddeler	10,5	3,9
Yağ ve mum	1,3	1,5
Su	10	10

1.2. Ketenin Lifinin Terbiye İşlemleri

Ham keten lifleri için boyama işlemlerinin kolayca gerçekleştirilebilmesi için öncelikle yapılarında yer alan selülozik olmayan kirliliklerin uzaklaştırılması şarttır. Bundan dolayı senelerdir ham kumaşlar öncelikle alkali ile işleme tabi tutulup, ardından oksidasyon ile doğal renkli bileşiklerin ayrıştırılması sağlanmaktadır [16]. Ön terbiye uygulamaları ağırlıklı, keten liflerinden hidrofobik kirliliklerin uzaklaştırılması, dolayısıyla terbiye işlemlerinin esası olan su sorpsiyon özelliğinin artırılması amacı gözetilerek gerçekleştirilmektedir. Sanayi uygulamalarında, keten liflerinin ön terbiyesini sağlamak amacıyla, yüksek oranda kimyasal, yardımcı madde ve su tüketimine neden olan, ayrıca

yüksek sıcaklık ve basınçta çalışmayı gerektiren konvansiyonel alkali ile işlem kullanılmaktadır [17].

1.2.1. Alternatif Terbiye İşlemleri

Keten lifinin konvansiyonel yöntemlerle terbiye işlemi çalışmaları, çevre açısından birçok sorun doğurmaktadır. Çevreyi korumaya yönelik artan hassasiyet, kimyasallara tercihen enzimler gibi biyolojik katalizatörlerin kullanıldığı yeni çalışmalar ve yöntemlerin geliştirilmesini mecburi kılmaktadır [18].

Bu bağlamda değerlendirilebilecek ve tez kapsamında incelenecek alternatiflere ait bilgiler şu şekilde özetlenmiştir.

1.2.1.1. Enzimatik Prosesler

Tekstil terbiyesinde enzimler genel olarak selüloz esaslı materyallerde kullanılmaktadır. Enzim kullanımı açısından selüloz esaslı liflerden ise en yaygın kullanıma pamuklu materyaller sahiptir. Ve bu enzimler malzemelerde, haşıl sökme, hidrofilleştirme, yumuşatma, biyoparlatma, denim yıkama ve diğer birçok faydayı sağlamada kullanılırlar [19].

Enzim protein yapısında biokimyasal bir katalizördür. Enzim ilk kez 1876 senesinde ‘Kühne’ tarafından kelime tanımı olarak ‘hamur mayası’ anlamında ifade edilmiştir. Fermantasyon işlemi için mayalar önem taşıdığına araştırmacılar da bu konu üzerinde yoğunlaşmıştır [20].

Dünya pazarında endüstriyel enzimlerin ticari payı 1,6 milyar dolar civarındadır [20]. Enzimler birçok endüstriyel alanda uygulama alanı bulmuşlardır. Ekmek, peynir, bira üretimi gibi ticari alanlar, günlük hayatımızda yer alan temizlik uygulamaları, tıp alanında kullanılan teşhis ve tedavi yöntemleri bunlardan bazılarıdır [21]. Enzimler kullanım alanlarına göre; gıda endüstrisinin %29’u, hayvan yemi sektörünün %15’i, genel amaçlı teknik alanların ise %56’sını oluşturmaktadır [22].

Enzimler doğal yollardan kazanılan, protein yapısında olan kompleks ve yüksek moleküllü organik polimerlerdir. Endüstriyel alanda, mikroorganizmaların fermantasyonuyla elde edilirler [23]. Enzimler reaksiyon sırasında kendi kendilerini

tüketmezler ve son ürünün parçası olmazlar sadece diğer bileşenlerin kimyasal bağlarını değiştirmektedirler [24]. Enzimler kimyasal bir reaksiyonu katalizledikten sonra serbest kalırlar ve bir sonraki reaksiyonu da katalizleyebilirler. Doğal protein olan enzimler, basitçe ve oldukça hızlı biyolojik parçalanmaktadırlar. Bu durum atık su yükü oluşmamasını sağlar [23].

Tekstil endüstrisinde enzimatik terbiye yöntemlerinde kullanılan enzimler; pektinaz, amilaz, selüloz, lipaz, proteaz, katalaz ve lakkaz olarak sıralanabilir [25]. Bu enzimlerden pektinaz enzimi tez kapsamında incelenen ve kullanılan enzimdir.

➤ **Pektinaz Enzimi**

Evlerde kullanılan ilk enzimlerden biri pektinazdır. Ticari alanda, 1930’lu yıllarda meyve suyu ve viski hazırlanmasında kendine uygulama alanı bulmuştur. Pektinazlar birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Bunlar başlıca şu şekildedir; meyve suyu stabilizasyonu, çay ve kahve fermentasyonu, meyve işleme, pektik atık sularının arıtımı, kaliteli kağıt üretimi, petrol ekstraksiyonu, tekstil vb. [26]. Mikrobial enzimler çevre dostu ve ekonomik olarak endüstrilerde yer bulmaktadır. Mikrobial pektinazlar asidik ve bazik olarak ayrılırlar [27]. Pektinazlar, pektini parçalayan enzimin genel adıdır. Pektinazların pektini parçalama özelliğinden tekstilde pamuk liflerinin hidrofilleştirilmesi konusunda yararlanabilmektedir [28].

Pamuk primer çeperinde yer alan pektin kuvvetli bir biyolojik tutkaldır. Yapısında, kalsiyum, magnezyum ve demir bulunabilmektedir. Suda çözünmezler ve *Aspergillus niger*’den elde edilen üç pektinaz pamuğun yüzey ıslanma özelliğinin artmasını sağlamaktadır [29]. Pektinimsi maddelerin yumuşaması, selülozik olmayan diğer maddeleri de ayırarak pamuk lifi yüzeyindeki hidrofob bileşiklerin uzaklaşmasını sağlar [29]. Keten lifinin pektinaz enzimi ile modifikasyonu da bildirilmiştir [30].

1.2.1.2. Ultrasonik Prosesler

Ultrasonun kimyasal ve biyolojik etkileri ilk defa 1927 yılında Alfred L. Loomis tarafından rapor edilmiştir [31]. İnsan kulağı tarafından algılanamayacak kadar yüksek frekanstaki seslere ultrason denir [32]. İnsan kulağı 20 Hz ile 20 kHz arasındaki sesleri duyabilir. Ultrason frekansının alt sınırı 20 kHz olup, 20 kHz’den daha büyük sesler ses

ötesi veya ultrason olarak tanımlanır [33]. Ultrasonik sesten teknolojiye yararlanılmaktadır [34].

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 genellikle sıvılar içinde oluşan küçük bir basınçta meydana gelir [33]. Kavitasyon; genel olarak buhar ya da gaz dolu baloncukun oluşumu, büyümesi ve ardından patlaması olarak tanımlanabilir. Baloncuklar, belli bir sıcaklığa sahip olan sıvının statik basıncı buhar basıncının altına düşerse oluşur ve bu baloncuklar daha yüksek basınçta sahip alanlara kayar, şiddetle patlar ve çok yüksek basınç meydana gelir [35].

Ultrason dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme gerçekleşir. Bu boşluk verilen sıvının doymuş buharı ile doludur, buhar sıkıştırma fazında yoğunlaşır ve bu boşluk artan basıncın etkisi ile çeperlerin üst yüzey geriliminin düşmesiyle bozunur. Sıkışma son bulduğunda ise hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları meydana gelir. 1000 atm üstünde basınç ve enerji ortaya çıkan bu olay 'kavitasyon' olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu enerji kabarcığın olduğu bölgeyi ısıtır ve bu da kimyasal reaksiyonlara neden olur [33].

Ultrasonik sistemlerde ilk olarak, elektrik enerjisi voltaj ve akım halinde transdusere uygulanır, transduser ise bu enerjiyi mekanik enerjiye çevirir. Ardından transduser ses dalgaları yayarak bir akustik enerji oluşturur ve son olarak sıcaklık ve basınç ile ortaya çıkan kavitasyon baloncuklarının oluşturduğu kavitasyon enerjisi oluşur [36].

Ultrason teknolojisi farklı endüstriyel alanlarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak fazla kullanımı kavitasyonun sağlamış olduğu temizlik işlemindedir. Kirlenmiş makine parçaları, elektronik komponentler, tıbbi gereçler ve alışlagelmiş yöntemlerle temizlemenin zor olduğu ayrıntılı yüzeylerde bu yöntem ortaya çıkmaktadır [37].

Ultrason teknolojisinin tekstil ve konfeksiyondaki başlıca uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir;

- Haşıl sökme, pişirme, ağartma işlemleri.
- Yıkama ve durulama işlemleri.

- Boyama işlemleri.
- Ultrasonla kurutma.
- Ultrason dalgalarının çeşitli boyama metotlarında kullanılması.
- Tekstilin aşırı temizlik isteyen kollarında makine parçalarını temizleme işleminde kullanılması.
- Konfeksiyonda ultrasonik kaynak (birleştirme) yapılması [38].

Yapılan çalışmalar ultrason/enzim kombinlerinin daha ekonomik ve çevreci terbiye işlemleri yapılmasını sağlayacağını göstermiştir [39].

Tekstil terbiye işlemleri sırasında ultrason cihazının işlem verimliliğini etkileyen bazı faktörler vardır; ultrasonik etkiyi homojen olarak elde etmek için materyal açık en formda makineden geçmelidir, materyal transduserlere yakın geçmelidir ancak bu her materyal için farklılık gösterebilir ancak materyal ve transduser arasındaki açının 60° olması verimliliğe fayda sağlamaktadır. Transduserlerin kazanın tabanına yerleştirilmesi konusunda transduserler arası mesafe önemli olup bunun haricinde yan yüzeye yerleştirilmesinin ise verimliliği olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir [40].

1.2.1.3. Ozon Prosesleri

Son yıllarda ozonun tekstil terbiyesinde kullanımı üzerine de birçok çalışma yapılmıştır. Ozon jeneratörü sayesinde havadan üretilen ozon kuvvetli oksidatif özellik gösterir. Düşük sıcaklıklarda ve yardımcı kimyasal madde ilavesi gerektirmeden kullanılabilmesi, ayrıca soğukta etkinliğinin yüksek olması ısıtma maliyetlerinden tasarruf edilmesini sağlar [41]. Ozon gazı kararsız bir bileşiktir, çabuk bir şekilde parçalanarak oksijene dönüşebilecek şekildedir. Ozon molekülündeki üçüncü oksijen atomunu tutan bağ zayıf bir bağdır ancak ozonu etkili kılan da zaten bu bağdır [42]. Ozon, açık mavi renli, keskin kokulu, tahriş edici bir gazdır. Ozon gazının oksidasyon potansiyeli 2,07 Mv'dir [43]. Ozon güçlü oksitleyici ajanlardan bir tanesidir [44]. Oksidasyon potansiyeli yüksek olan Ozon iyi bir dezenfektandır ve bu durum içme suyu arıtımında önem kazanmasını sağlamıştır. Ozon kalıntı bırakmadan hammaddesi olan Oksijene dönüşmektedir [41].

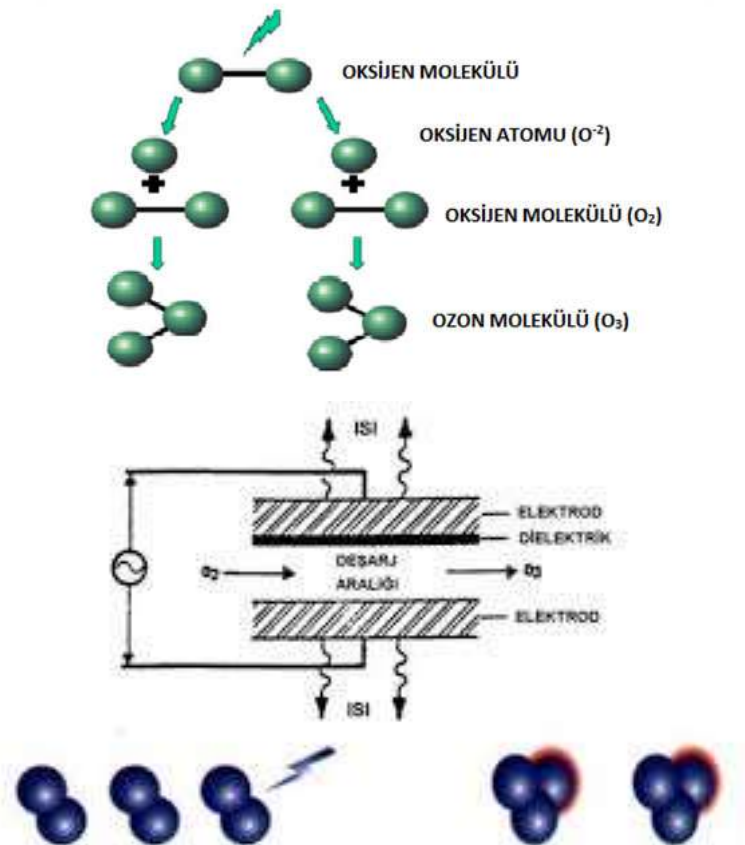
Ozon gazının standart şartlar altında; (P:1013,25 MB, T:273,3°K) yoğunluğu; 2,14 kg/m³, Oksijenin yoğunluğu; 1,43 kg/m³, Havanın yoğunluğu; 1,29 kg/m³ Suyun yoğunluğu ise 1,00 kg/m³ tür [20].

Oksijen molekülünün kararsız iki oksijen atomuna parçalanmasına dayanan ozon üretiminin birçok çeşidi vardır. Hava veya oksijenin UV radyasyonu veya corono discharge bu yöntemlerdendir [45].

UV ozon jeneratörleri, 220 nm'den kısa dalga boyunda ışın veren UV lambalarının çevresinden hava geçirilmesiyle ozon gazını üretmektedir. Bu yöntemle elde edilen ozon gazı miktarı su işlemleri için yetersiz kalmaktadır [45].

Ozon üretiminde kullanılan 'Corono Discharge' yöntemi ise oldukça yaygındır. Oksijen gazı yüksek enerjiye sahip iki elektrot arasından geçirilirken oksijen molekülünü oluşturan oksijen atomları birbirinden ayrılır ve açığa çıkan oksijen atomu ortamda olan oksijen molekülü ile birleşir böylece ozon gazı meydana gelir [20].

OZON REAKSİYONU



Şekil 1.2. Ozon gazı üretim şeması [46].

Ozonlama işlemlerinde pH, sıcaklık, mekanik karıştırma, ozon dozajı ve süre etkili olan parametrelerdendir [47]. *pH*, ozonun materyal ile reaksiyonunda oldukça etkilidir. Yüksek pH'larda ozon daha hızlı ayrışır [47]. Asidik pH ile ozon, bazik ortamdaki ozona göre daha aktiftir [48]. *Sıcaklık* arttığında, ozonun parçalanma hızı artmaktadır. Artan sıcaklıkla ozon çözünürlüğünün düştüğü tespit edilmiştir [49]. *Mekanik karıştırma* yönünden bakıldığında, çalışmalarda rotor vasıtasıyla karıştırma yapılırsa, artan rotor hızının ozonlama ile renk giderimi etkinliğini arttırdığı tespit edilmiştir [50]. *Ozon dozundaki artış ve ozonlama süresinin artması* da ozonlama etkinliğini arttırmaktadır [50].

Ozonun güçlü oksidatif özelliğinin oluşu, ekolojik olarak farklı alanlarda kullanılmasını sağlamıştır. Bu alanlar kimya, ilaç, parfümeri, kozmetik, kağıt, selüloz, şeker, çöktürme, tarım, tekstil ve gıda sanayi şeklinde sıralanabilir [51].

Ozon gazının tekstil alanında kullanılmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada;

Benli ve Bahtiyari 2015 yılında gerçekleştirdikleri bir çalışmada, pamuklu kumaşların doğal boyama öncesinde gerçekleştirilen ön terbiye işlemlerinde ozon/ultrason kombinasyonlarını uygulamışlardır. Böylece kumaşta mukavemet kaybının az görüldüğünü uygun sonuçların ozon gazı ve ultrasonik enerji kullanımıyla da elde edilebileceğini bildirmişlerdir [52].

Ozonun aktif oksijen kaynağı olması pamuklu kumaş ve ürünlerin ön terbiye aşamalarındaki ağartma işleminde hidrojen peroksit, klorit ve hipoklorite alternatif olmasını sağlamıştır. Ayrıca ozonun diğer ağartıcı kimyasallara göre atık madde oluşturmaması, çevreye zarar vermemesi ve düşük sıcaklıklarda etkin olması tekstil ön terbiyesi için önemli avantajlardandır [52].

1.3. Keten Liflerinin Boyanması

Tekstil materyalinin görünümünü farklılaştırarak gerçekleştirilen renklendirme işlemleri boya ya da baskı teknikleriyle isimlendirilir [53]. Tekstil ürününün boyarmaddeler kullanılarak renklendirilmesine boyama işlemi denilmekte olup, boyama işlemi numunenin boyarmadde ile yardımcı ve esas kimyasal maddeyle oluşturulan bir kimyasal karışımla buluşmasıyla gerçekleşir [54]. Bir tekstil malzemesinin boyama

işlemi yapılarak renklendirilmesi için lif, renk verici madde olan boyarmadde ve makineye gerek duyulmaktadır [53].

Ketenin boyama özellikleri pamukla benzerlik göstermektedir. Ancak boyama işlemi gerçekleştirilmeden önce, düzgün ve daha kolay boyama işleminin gerçekleşmesi amacıyla, iyi bir ön terbiye işlemi önem taşımaktadır. Selülozik lifler asitlere karşı hassasiyet gösterir bu nedenle boyanma işlemi alkali veya nötral ortamda gerçekleşmelidir. Reaktif boyarmaddeler selülozik liflerin boyanmasında ilk sıralarda yer almaktadır [55].

Keten boyamada kullanılan önemli boyarmaddeler şu şekildedir; Direkt Boyarmaddeler, Reaktif Boyarmaddeler, Küp Boyarmaddeler. Keten boyamacılığı genellikle kumaş halinde yapılmaktadır [6].

1.3.1. Doğal Boyamacılık

Doğal boyarmaddenin tanımı bitki, hayvan ve mineral gibi doğal kaynaklardan elde edilen boyarmaddelerdir [56]. Doğal boyarmaddeler tekstil sektöründe geçmiş dönemlerde önemli yerdedi ancak günümüzde doğal boya üretimi çok yaygın değildir [57]. Doğal boyarmaddeler sentetik boyarmaddeler gibi geniş renk yelpazesine sahiptir ancak sentetik boyaların keşfiyle, doğal boyarmaddelerin kullanılması azalmıştır [58]. Sentetik boyalar, hem ekonomiktir, hem de çok farklı renk paletine sahiptirler bu durum ise tercih edilmelerinin sebebi olmuştur [59].

Fakat sentetik boyalar, insan vücuduna zarar veren toksik maddeler üretmektedirler. Sentetik boyaların üretimi ve kullanımıyla ilgili çevre ve sağlık açısından zararları noktasında ise farkındalığın artmasıyla doğal boyayla renklendirilmiş tekstillere dünya çapında yeniden ilgi duyulmaya başlanmıştır [60]. Tekstil sektörünün yanı sıra kozmetik, gıda, ilaç gibi alanlarda da renklendirme konusunda doğal boyalara olan ilgi artmıştır [61]. Çevre kirliliğinin artmasıyla birlikte çevre dostu kumaş boyamacılığına olan ilgi artmıştır [62]. Tarihte öncelikle bazı taş, toprak, maden çeşitleri ve bazı yumuşakça, böcek çeşitleri doğal boyacılıkta boyarmadde kaynağı olarak kullanılmıştır [63]. Doğal boyaların çoğu kırmızı, sarı, mavi, siyah, kahverengi ve bu renklerin kombinasyonlarını içeren renkleri sağlayan bitkilerden elde edilir. Dünyada kullanılan boya bitkilerinin sayısı 300-400 iken Türkiye’de kullanılan boya bitkileri sayısı 250

civarında olduğu bilinmektedir [64] Boya eldesinde bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek, kabuk ve meyvelerinden faydalanılır [65].

Doğal boyaların elyafa ve boyarmaddeye nüfusunu arttırmak amacıyla uygulama esnasında bazı mordanlardan yararlanılmaktadır. Ön mordanlama, birlikte mordanlama ve sonradan mordanlama olmak üzere 3 farklı mordanlama yöntemi vardır. Ön mordanlama ve sonradan mordanlama ayrı işlem gerektiren farklı bir banyoda gerçekleştirilirken, birlikte mordanlamada tek bir seferde boya banyosuna mordanlar eklenerek boyama işlemi gerçekleştirilebilir [66].

1.3.2. Doğal Boyaların Avantaj ve Dezavantajları

1.3.2.1. Doğal Boyaların Avantajları

- Doğal boyalar sayesinde elde edilen renk tonları genellikle yumuşaktır.
- Doğal boyarmaddeler birbirleri ile karıştırılarak geniş renk paleti elde edilebilir.
- Kullanılan tek tip boyarmadde ile farklı mordan maddesi kullanıldığında farklı renkler elde edilir.
- Doğal boyalar bitki esaslı, biyolojik olarak parçalanabilir ve ayrıca yenilenebilir özelliklere sahiptir.
- Bazı boyama işlemleri sonundaki atıklar tarım alanlarında gübre olarak değerlendirilebilir.
- Doğal boyalar insan sağlığı için tehlikeli değildir ve temas ettiği deriyi korur.
- Bu boyarmaddelerin tekstil, gıda, deri vb. birçok alanda uygulanabilir olması yeni iş alanları sağlar.
- Sentetik boyaların zamanla renkleri solarken, doğal boyarmaddelerin bazılarının zamanla renkleri parlak.
- Doğal boyarmaddelerin güve yemez özelliği bulunduğundan çocuk kıyafetlerinde sentetik boya yerine tercih edilir [67].

1.3.2.1. Doğal Boyaların Dezavantajları

Doğal boyarmaddeler için en dezavantaj sağlayan özelliklerden biri diyebileceğimiz özelliği, üretiminin az olması ve aynı renk tonunun tekrarlanma zorluğudur [68]. Bu özelliğin yanı sıra şu şekilde dezavantajları da söz konusudur;

- Doğal boyarmaddelerle çalışılırken standart bir reçete kullanmak pek mümkün değildir.
- Doğal boya kaynağından elde edilen renk verimi düşüktür, bu da fazla boyarmadde kullanımına sebep olur.
- Boyama süreleri uzundur ve maliyet söz konusudur.
- Tekstil materyali boyandıktan sonra güneş ışığına, havaya ya da tere maruz bırakılırsa renk değişimleri görülür.
- Bitkinin içerdiği boyarmadde iklim koşullarına, toprağın cinsine, toplandığı mevsime, yaşına göre değiştiğinden istenilen renk her zaman elde edilemez.
- Boyama teknikleri ve doğru ekstraksiyonla ilgili bilgi eksiklikleri mevcuttur [67].

1.3.3. Doğal Boyaların Sınıflandırılması

Doğal boyarmaddeler birçok farklı şekil ve sayıda sınıflandırılabilir. Sınıflandırmalarda başta bitkinin botanik ismi ve alfabetik sıra kullanılmıştır. Daha sonra sınıflandırılmalar, renk tonu, kimyasal yapı ve uygulama sınıfına bağlı olarak yapılmıştır [20].

1.3.4. Tez Kapsamında Kullanılan Bitkiler

➤ Kök Boya (*Rubia Tinctorum* L.)

Anadolunun hemen her yerinde yetişen bu bitki parlak ‘Türk Kırmızısı’ nın esasıdır. Osmanlı döneminin ilk yıllarında Alaşehir, Aydın, Bursa ve Edirne boyaheneleri ile bilinmekteydi [69]. Kaynaklar M.Ö. 1350 yıllarında Mısırda 18. Hanedan zamanına ait tekstillerde kök boyanın kullanıldığını, birinci yüz yılda Doğu ile Batı arasında kök boya ticareti yapıldığını sekizinci yüz yılda düşük miktarda da olsa Avrupada kök boya tarımının başladığını, onuncu yüz yılda ise Almanya ve Hollandanın kök boya üretiminde iyi bir düzeye eriştiğini göstermektedir [56]. Kök boya tarihçesi

incelendiğinde, bitkisel boyalar içinde önemli bir yere sahip olduğu açıktır. Eski dönemlerde ticaretinin yapılması ve bitkisel boyacılıkta kırmızı ve benzer tonlarındaki renkleri vermesi nedeniyle her zaman önemini korumuş olup, günümüzde de aynı önemi sürdürmektedir [70].

Bitkisel boyacılıkta kullanılan ve geniş bir renk gamına sahip olan bitkilerden biri de kök boya bitkisidir. Kök boya bitkisi Rubiaceae familyasının *Rubia* cinsine aittir. Bu familyanın 450 civarı cinsi 6000 civarı da türü mevcuttur. Kök boyalar cinsinin ise 40 civarı türü vardır. *Rubia Tinctorum* L. İse bu türler içinde köklerinden boya elde edilendir [63].

Kök boya bitkisi otsu ve sarılıcıdır. Bu bitki hem gövdesinde hem de yapraklarında var olan, çengel biçimindeki sert tüylerle ağaçlara ve çalılara tutunarak yol alır. Toprak yüzeyinde gelişen kök boya bitkilerin boyu 30-40 cm civarındadır [71].

Yurdumuzda kök boya bitkisinden, boyacı kökü, boyacılık otu, kırmızı kök, boya pürçü, boya çili, boya kökü, dil kanatan, boya sarmaşığı ve yumurta boyası vb. isimlerle bahsedilir [71].



Şekil 1.3. Kök Boya Bitkisi [72].

Ülkemizin birçok bölgesi kök boya ziraati için uygundur. Kök boya özellikle, gölgelik ve sulak alanlarda yetişmektedir. Kökboya Anadolu'da birçok yerde yetişmesine rağmen en iyileri Ürgüp ve Konya'dan elde edilmektedir. En az üç yaşına gelmiş kırmızı renkli kökler ilkbahar ve sonbahar aylarında toplanır ve bu köklerden boya eldesi sağlanır. Kök boyası ile boyanan dokumaların renk kalitesi sentetik boyalara göre daha sabit ve estetikdir. Mordanla kullanılan kök boya kırmızı, pembe, turuncu, leylak

ve kahverengi gibi değişik renklerde geniş bir boyama spektrumuna sahiptir. Üretimi ve kullanımı sırasında sentetik boyalar gibi kimyasal atık bırakmamaktadır. Bu nedenle Avrupada olduğu gibi ülkemizde de tekrar önem kazanmaktadır. Kök boya yetiştirme koşulları zor olmayan arsız bir bitkidir [73].

➤ **Havacıva (*Alkanna tinctoria tausch*)**

Boraginaceae (Hodangiller) familyasının Alkanna cinsine mensup olan havacıva bitkisi tüylü ve kıllı yapıdadır. Düz kenarlı, bölünmemiş, çoğunlukla almaçlı aaz oranda da karşılıklı dizilmiş yaprakları vardır. Havacıva bitkisinin çiçekleri ortalama olarak 5 parçalıdır. Çanaklar boru ve çan formundadır. Taç Yapraklar tabak veya huni şeklinde olup 5 köşelidir. Alkanna cinsi nisan ve temmuz aylarında mavi renkli çiçekler açar ve boyları 10-30 cm arasındır [74].



Şekil 1.4. Havacıva Otu [75].

Havacıva bitkisi çok yıllık bir bitki türüdür [20]. Eldesi bitki köklerinin kurutulmasıyla sağlanır. Kırılması kolaydır. Gevşek ve tabakalar formunda ayrılabilir purpur kırmızısı rengi vardır. Alkalın, tanen ve reçine birleşiminden oluşur. Ülkemizde Ege bölgesi ve Akdeniz bölgesinde yetişmektedir [76].

Türkiyede, bazı yörelerde Havacıva dışında ennik, karavernik ve eşek hıyarı gibi isimlerle de anılmaktadır. Günümüzde en çok ilaç endüstrisinde, kozmetikte, likörlerin boyanmasında kullanılmaktadır [74].

Bitkisel boyacılıkta havaciva bitkisinin kökü kullanılmaktadır [77]. Boyama işlemlerinde elde edilen renkler mordan maddesinin ne olduğuna bağlı olarak değişkenlik gösterir. Havacıyla mordanlı veya mordansız boyama yapılabilmektedir [63].

➤ Portakal Ağacı Yaprağı (*Citrus Sinensis* L.)

Birçok kimyasal bileşene sahip olan portakal ağacı yaprağı yapısında daha çok klorofil a ve b yapıları görülmekte olup bu yapılar boyama açısından oldukça önemlidir. Portakal kabuklarından salgı ceplerinin açılması yöntemiyle uçucu bir yağ çıkarılır, Oleum Aurantii T.K. (Portakal Esansı) %90-95 limonen barındırmakta olup, gıda sektörü ve eczacılıkta tüketimi fazladır [20].



Şekil 1.5. Portakal Ağacı [78].

Yaprak, perikarp veya çiçeklerden elde edilen uçucu yağların eczacılık alanında kullanılmasına ek olarak bolca bulunan sitral, limonen ve C vitamini eldesinde kaynak sağlaması da bu bitkilerin ekonomik değerini arttırmaktadır [79].

1.4. Keten Lifi ve Tez Kapsamında Değerlendirilen Alternatif Terbiye Yöntemleri Hakkında Yapılan Güncel Çalışmalar

Literatürde keten kumaşla ve alternatif terbiye yöntemleri ile ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmış olup, çalışmaların bazıları şu şekilde özetlenebilir;

Pervez *et al.* 2017 yılında yaptıkları çalışmada, keten lifini farklı reaktif boyalarla çevre dostu yöntemlerle boyamışlardır. Bu çalışmada, biyolojik olarak parçalanabilen alkali organik tuzlar kullanmışlar ve kullanılan tuzlar arasından disodyum malat tuzunun renk

haslığı, gerilme mukavemeti, buruşmazlık değerlerinde iyileşme gösterdiğini bildirmişlerdir. [80]

Sheikh *et al.* 2018 yılında yaptıkları çalışmada, doğal boya olarak görülen kapok çiçeği özü ile metalik mordanları kullanarak keten kumaşları boyamışlardır. Boyalı kumaşlar üzerinde renk değerleri, antibakteriyel özellik, UV koruma ve antioksidan aktivite incelenmiştir. Sonuç olarak renk haslığında iyileşme gözlenmiş, gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı iyi bir antibakteriyel özellik saptanmış, etkili bir seviyede UV koruma ve antioksidan özellik elde ettiklerini belirtmişlerdir [81].

Schmidt-Przewozna *et al.* 2018 yılında yaptıkları çalışmada, organik pamuk ve keten örme kumaşlar üzerinde *kök boya, muhabbet çiçeği, katır tırnağı, mazi meşesi, kız gözü, kara halile* bitkilerinin özlerini kullanarak boyama işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda farklı renk yelpazesi elde etmişlerdir ve bitki özlerinin iyileştirme özellikleri olduğunu test ettiklerini belirtmişlerdir [82].

Ahmed *et al.* 2007 yılında yaptıkları çalışmada, sodyum perborat ile keten liflerinin ön terbiyesinde çevre dostu bir teknoloji olan ultrasonu kullanmışlardır ve aynı teknikle reaktif boyanabilirliği de incelemişlerdir. Ön işlemleri tamamlanan lifleri farklı boyama sıcaklıklarında boyama konsantrasyonunu incelemek için aynı anda hem ultrasonik hem de geleneksel yöntemlerle boyama işlemine tabi tutmuşlardır. 50 derecede ultrasonik yöntemlerle boyanan numunelerin 80 derecede geleneksel yöntemlerle boyananlara göre renk verimliliklerinin (güçlerinin) daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Boyanmış kumaşların renk mukavemetleri incelendiğinde, ön işlem ve boyanması ultrasonik yöntemle yapılan numunelerin geleneksel yöntemle işlem görenlere kıyasla daha verimli olduğunu bildirmişlerdir. Ultrasonik yöntemler kullanılarak boyanan liflerin yaş haslık özelliklerinin sonuçları, geleneksel yöntem kullanılarak elde edilenlere göre iyileşme gösterdiği rapor edilmiştir [83].

Perinçek and Duran 2016 yılında yaptıkları çalışmada, ham keten kumaşların ultrasonik banyo içerisinde ultrason enerjisi yardımı ile enzimlerle hidrofilleştirilmesini ve haşıl sökmesini incelemiştir. 3 aşamalı Box-Behnken deney yöntemi ile amilaz konsantrasyonu (0-1 g/L), lakkaz konsantrasyonu (0-1g/L), pektinaz konsantrasyonu (0-1 g/L), sonikasyon süresi (20-60 min), işlem sıcaklığı (30-70 C), olan 5 değişken faktörün etkisinin keten üzerinde parlaklık, beyazlık, ağırlık kaybı ve hidrofilitate

özelliklerini incelediklerini belirtmişlerdir. Regrasyon modeli ile elde edilen sonuçların haşıl sökme ve hidrofilleştirme işleminin verimliliğini ultrason enerjisi uygulandığında önemli derecede arttırdığını ifade etmişlerdir. Aynı zamanda keten kumaşlara uygulanan enzimatik ve ultrasonik ön işlemlerin termal enerji, zaman ve kimyasal tasarruf sağladığını bildirmişlerdir [84].

Eren and Öztürk 2011 yılında gerçekleştirdikleri bir çalışmada, pamuklu dokuma kumaşların ozon gazı ile ağartılmasını incelemişlerdir. Haşılı sökülmiş ve hidrofilleştirilmiş olan kumaşı ozon gazı ile ağartmışlar ve hidrojen peroksit ağartması ile karşılaştırmışlardır. Ozon gazı ile ağartılan numunelerde beyazlık derecelerinin 81 stensby'a kadar ulaşabileceğini belirtmişlerdir [41].

Perinçek 2014 yılında yaptığı doktora tez çalışmasında, tekstil için yeni teknolojilerden olan ozon, ultrason, ultraviyole teknolojileri ile keten ve soya esaslı tekstillerde ön terbiye çalışması yapmıştır. Çalışmada kombine ön terbiye yöntemleri kullanılarak, daha kısa işlem sürelerinde tamamlanan, kumaşların performans özelliklerinde kayıba neden olmayan, daha az kimyasal tüketen ve daha düşük sıcaklıklarda çalışılabilen yöntemler geliştirilmiştir [30].

Gürkan, 2012 yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, organik pamuklu örme kumaşlar üzerinde ultrasonik yöntemle gerçekleştirilen terbiye işlemlerini test etmiştir. Çalışmada, kumaşlar üzerinde ultrasonik yöntemle peroksit ağartması ve reaktif boyalarla boyama işlemi uygulanmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, ultrasonik ağartma ve boyama işlemlerinin klasik emdirme-soğukta bekletme işlemine alternatif oluşturabileceğini ve ultrason tekniği sayesinde işlem süresi, kimyasal kullanımı ve enerji tüketiminin azaldığını belirtmiştir [85].

Basto *et al.* 2007 yılında yaptıkları çalışmada, pamuğun klasik kimyasal ağartma metoduna alternatif olarak ultrasonun lakkazın ağartma etkisi üzerindeki etkisini test etmişlerdir. Pamuğun lakkaz ile gerçekleştirilen ön işleminde ultrason etkisinin peroksit ağartmasındaki beyazlığı arttırdığını bildirmişlerdir [86].

Körlü, 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada, ozonun tekstil endüstrisindeki kullanımını araştırmıştır. Tekstil malzemelerinin yaş işlem proseslerinde elektrik, yakıt ve su tüketiminin fazla olmasının tekstil endüstrisini daha çevreci ürünler üretmeye

ittiğini belirtmiştir. Ozon gazının teskilde kullanımının avantaj ve dezavantajlarını incelemiş ve sonuç olarak, ozonun bazı sınırlanamalarının olmasıyla beraber çevresel proseslerde kullanılabilceğini bildirmiştir [87].

Maqsood *et al.* 2016 yılında, tıbbi tekstiller için pamuk lifinin ozonlanması hakkında çalışmışlar ve nanokristal selüloz üretimini hakkında incelemeler yapmışlardır [88].

Turhan *et al.* 2018 yılında, pamuklu havlu kumaşların ozonlanması ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışma neticesinde, ozonun yağlar, vakslar ve yabancı maddeleri yeterince temizleyemeyeceğini, ozonlamadan önce kumaşların haşıl sökmesinin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir [89].

Gashti *et al.* 2013 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, selülozun ozon gazı ile yüzey oksidaysonu üzerinde incelemeler yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, ozonlamanın florokarbon monomerinin pamuk üzerindeki performans etkisini araştırmaktır. Çalışma sonucunda, florokarbon veriminin ozonlama ile gözle görülür şekilde iyileştiğini bildirmişlerdir [90].

Elnagar *et al.* 2014 yılında, UV/ozon gazı ile muamele edilmiş polyester ve naylon kumaşların doğal boyalar varlığında boyanabilirliğini araştırmışlardır. UV/ozon gazı kullanımının her iki kumaşın da doğal boyalar ile boyanmasını olumlu yönde etkilediğini açıklamışlardır [91].

Atav *et al.* 2016 yılında, ozonlama işleminin ceviz kabuğu ile poliamid kumaşların boyanması üzerindeki etkisi üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, Poliamid kumaşın boyanmadan önce ozonlama işlemine tabi tutulmasının renk nüansı ve haslık özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyeceğini bildirmişlerdir [92].

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

2.1.1. Çalışmada Kullanılan Kumaş Özellikleri

Tablo 2.1. Tez kapsamında kullanılan kumaş özellikleri

Atkı Sıklığı (Tel/cm)	Çözümlü Sıklığı (Tel/cm)	Gramaj (g/m ²)	Beyazlık (stensby)	L *	a *	b *
10	10	213	30,29	57,06	2,4	11,84

2.1.2. Kimyasallar, Yardımcı Maddeler, Enzimler ve Boyarmaddeler

Kimyasallar/Yardımcı Maddeler;

Sodyum Karbonat (Na₂CO₃): Tekkim marka.

Sodyum Hidroksit (NaOH): Akkim marka.

Unipol USR: Alfa Kimya'ya ait noniyonik/anyonik ıslatıcı.

Hidrojen Peroksit (H₂O₂%50): Tekkim marka.

Peroksit Stabilizatörü: Organik Kimya firmasına ait organik stabilizatör.

Calvicon SD: Alfa Kimya'ya ait iyon tutucu.

Asetik Asit (CH₃COOH): Akkim marka.

CuSO₄.5H₂O: Akkim marka.

SnCl₂.2H₂O: Akkim marka.

FeSO₄.7H₂O: Akkim marka.

K₂Cr₂O₇: Akkim marka.

Kal(SO₄)₂.10H₂O: Akkim marka.

Enzimler;

Scourzyme L: Alfa Kimya'ya ait modifiye edilmiş alkali pektinaz enzimi.

Bitkisel Boya Kaynakları;

Tez çalışmasında, üç farklı boyama özelliği olan bitkiler boyarmadde kaynağı olarak kullanılmıştır.

Kök Boya:

Bu tez çalışmasında Ülkemizde yetişen kök boya bitkisi kullanılmıştır. Kök boya bitkisinin toprak altındaki sürgünleri gölgede kurutulmuştur ve ardından değirmenden geçirilerek öğütülmüştür. Boyama işlemlerinde toz hale getirilmiş olan kök boya bitkisi kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Kök boya bitkisi



Şekil 2.2. Öğütülmüş kök boya bitkisi

Havacıva:

Çalışmada aktarlardan sağlanan havacıva bitkisinin kuru haldeki kökleri kullanılmıştır. Bu kökler değirmenden geçirilerek toz hale getirilmiştir. Boyama işlemlerinde toz haldeki havacıva bitkisinin kökü kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Havacıva bitkisi



Şekil 2.4. Öğütülmüş havacıva bitkisi

Portakal Ağacı Yaprağı:

Tez çalışmasında Akdeniz bölgesinden temin edilen portakal ağacı yaprakları gölge bir yerde kurutulmuş ardından değirmenden geçirilerek, öğütülmüştür. Boyama işleminde toz halde olan portakal ağacı yaprakları kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Portakal ağacı yaprakları Şekil 2.6. Öğütülmüş portakal ağacı yaprakları

2.1.3. Cihaz ve Makineler

Labaratuvar Tipi Boyama Makinesi: Tez çalışması kapsamında Termal marka boyama makinesi kullanılmıştır.

Ozon Jeneratörü: Tez çalışması kapsamında Prodozon marka 25 g/sa kapasiteli ozon jeneratörü kullanılmıştır.

Ultrasonik Banyo: Keten kumaş numunelerinde alternatif terbiye yöntemlerinin denenmesi amacıyla 40 kHz frekansa sahip WiseClean marka ultrasonik banyo kullanılmıştır.

Spektrofotometre (K/S): Boyanmış numunelerin CIE $L^*a^*b^*$ değerlerinin ve renk verimlerinin incelenmesinde, ağartılmış numunelerin ise beyazlık ölçümlerinde Konika/Minolta 3600d marka spektrofotometre kullanılmıştır.

Laboratuvar Tipi Fulard: Numunelerin nem değerlerinin ayarlanmasında Termal marka fulard kullanılmıştır.

Etüv: Termal marka etüv kullanılmıştır.

Su Isıtıcı: Sinbo marka su ısıtıcı kullanılmıştır.

Analitik Terazı: Pioneer OHAUS marka hassas analitik terazı kullanılmıştır.

pH Metre: Inolab WTH marka pH metre kullanılmıştır.

Değırmen: Waring marka öğütücü kullanılmıştır.

Ultrasonik Nemlendirici: Ev Tipi Ultrasonik Buhar Makinesi.

Mukavemet Test Cihazı: Kumaştan alınan ipliklerin kopma kuvvetleri ve kopma uzamaları Instron 4411 mukavemet cihazı ile tespit edilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu yüksek lisans tez çalışmasının amacı, geleneksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen ve sonucunda oldukça fazla kimyasal, su ve enerji kullanılmasına sebep olan keten kumaşların ön terbiye ve boyama işlemlerine alternatif yöntemler geliştirmektir. Bu kapsamda yürütölen çalışmalar toplamda dört adımda yürütölmüştür.

İlk olarak; doğal boyaların keten kumaşların renklendirilmesinde kullanılabilirliği test edilmiştir. Bu amaçla keten kumaşlar konvansiyonel ön terbiye işlemlerine alınmışlar ve ardından tez kapsamında belirlenmiş olan 3 farklı bitkisel kaynak ile (kökboya, havacıva, portakal ağacı yaprağı) renklendirilme olanakları analiz edilmiştir. Bu esnada farklı mordan maddeleri kullanarak elde edilen sonuçlardaki değişimler de gözlemlenmiştir. Bu kapsamda yürütölen çalışmalar laboratuvar tipi tüplü numune boyama makinelerinde gerçekleştirilmiş olup keten kumaşların boyama öncesi klasik ön terbiye işlemleri ile hidrofilite ve beyazlıkları analiz edilmiş ve doğal boyarmaddelerle boyamalar sonrası elde edilen renkler ve haslıklar tespit edilmiştir. Ardından çalışmanın ikinci adımında konvansiyonel ön terbiye işlemleri ultrasonik ortamda gerçekleştirilerek ultrasonun klasik ön terbiye işlemlerinde sağlayacağı avantajlar test edilmiş ve bu şekilde ultrasonik banyoda ultrasonlu/ultrasonsuz olarak klasik ön terbiyesi gerçekleştirilmiş olan numuneler yine ultrasonik ortamda doğal boya kaynakları ile boyanarak ultrasonun aynı zamanda doğal boyamacılıktaki avantajı araştırılmıştır. Buna ilaveten çalışmanın üçüncü adımında ise pektinaz enziminin ultrason ile kombinasyonu

araştırılmış ve ultrasonik biyokaynatma işlemi sonrası kökboya ile numunelerin boyanabilirlikleri yine ultrasonik banyo için test edilmiştir. Çalışmanın son adımında ise aslında doğal liflerin ağartılmasındaki etkinliği bilinen ozon gazının keten liflerinde kullanılabilirliği test edilmiştir. Bu amaçla klasik ozon prosesparametrelerinin (kumaş nem miktarı, ozonlama süresi vs.) araştırılmasına ilaveten ozonlama ile ultrasonik nemlendirme proseslerinin kombinasyonları da incelenmiştir. Yine ozonlama sonrası belirlenen bir numunenin kökboya ile ultrasonik banyoda boyanabilirliği araştırılmıştır.

2.2.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması

➤ Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiyesi

Keten kumaş numunelerine hidrofilite özelliği kazandırmak için bir kısmına Na_2CO_3 (sodyum karbonat) bir kısmına da NaOH (sodyum hidroksit) ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmış ve daha sonra H_2O_2 (hidrojen peroksit) ile ağartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler laboratuvar tipi tüplü numune boyama makinesinde gerçekleştirilerek konvansiyonel ön terbiye işlemlerinin sağlayacağı etkilerin belirlenmesi hedeflenmiştir. İşlemleri tamamlanan numuneler yıkama/durulama işlemlerine alınmış ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Ardından kumaşların beyazlık dereceleri, hidrofilite ölçümleri ve mukavemet ölçümleri yapılarak sonuçlar ilgili bölümde sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan reçete ve parametreler Tablo 2.2’de gösterilmektedir. Elde ettiğimiz veriler Bölüm 3’de açıklanmıştır.

Tablo 2.2. Keten kumaşlara uygulanan konvansiyonel ön terbiye reçetesi ve prosesi

	Hidrofilleştirme	Ağartma
Kimyasallar	5 g/L Na_2CO_3 veya 4 g/L NaOH 0,5 ml/L Islatici	2 ml/L H_2O_2 (%50) 0,8 g/L NaOH 0,8 ml/L Stabilizatör
Sıcaklık (°C)	95°C	95°C
Süre (dakika)	60	60
Flotte Oranı	1/40	1/40

Bu şekilde ön terbiye işlemlerinden çıkan numuneler ardından 3 farklı bitkisel doğal boyarmadde kaynağı ile renklendirilmişlerdir.

➤ **Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Boyanması**

Boyamada öğütülmüş olan doğal boya kaynakları ekstraksiyon yapılmadan kumaş ağırlığı kadar direkt olarak banyoya ilave edilmiş ve farklı mordan maddeleriyle tek tek boyamalar gerçekleştirilmiştir. Boyamada birlikte mordanlama yöntemine göre boyamalar yapılmıştır. Doğal boya kaynağı olarak kök boya, havacıva bitkisinin kökü ve portakal ağacı yaprakları kullanılmıştır.

Keten kumaşların doğal boyarmaddelerle renklendirildiği uygulamaya ait yöntemin reçetesi Tablo 2.3.'de anlatılmıştır.

Tablo 2.3. Doğal boyama reçetesi

Ön Terbiye	Konvansiyonel Yöntem
Mordan Maddeleri -Bakır sülfat -Kalay klorür -Demir sülfat -Potasyum dikromat	%2
Potasyum Alüminyum Sülfat (Şap)	%20
Flotte Oranı	1/50
Boyarmadde Konsantrasyonu	1:1
Boyama Sıcaklığı	Başlangıç 40°C, ardından 100°C
Boyama Süresi	130 dakika
Son İşlem	Taşarlı Durulama

Numuneler, reçetede gösterilen 5 farklı mordan maddesi ile ve mordansız olmak üzere 6 farklı renk elde edilebilecek şekilde boyama işlemine tabi tutulmuştur. Boyama işlemi 40°C'de başlatılmış 10 dakika bu sıcaklıkta devam ettirilmiş daha sonra 30 dakika içerisinde banyonun 100°C'ye çıkması sağlanmış ve 100°C'de 60 dakika boyunca boyamaya devam edilerek işlem tamamlanmıştır. Ardından boyanmış numuneler yıkama/durulama işlemlerine alınmış ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Boyama işlemi tamamlanan kumaşların renk verimleri (K/S), CIE L* a* b* değerleri ve yıkama haslıkları test edilmiş ve sonuçlar ilgili bölümde sunulmuştur.

2.2.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

Ultrason enerjisinin konvansiyonel ön terbiye işlemlerine ve doğal boyamacılığa etkisini araştırmak için bu işlemler ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuz olara gerçekleştirilmiş ve ultrasonun etkisi araştırılmıştır.

➤ **Keten Kumaşların NaOH/Na₂CO₃ ve H₂O₂ kullanılarak gerçekleştirilen ultrasonik hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri:**

Keten kumaş numunelerine ultrasonik banyo içerisinde hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri ultrasonlu ve ultrasonsuz olmak üzere uygulanmıştır. Tüm işlemlerde banyo 2 litre şeklinde ayarlanmış ve kumaşlar birer birer işlemlere tabi tutulmuştur.

Uygulanan hidrofilleştirme işlemlerinde 5 g/L Sodyum Karbonat veya 4 g/L Sodyum hidroksit 0,5 ml/L ıslatıcı ile beraber kullanılmış ve numuneler 60°C’de 60 dakika süreyle ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak işleme alınmıştır. Ardından hidrofilleştirmeden çıkan numunelere ağartma işlemi 2 litre’lik ultrasonik banyoda 2 ml/L Hidrojen Peroksit, 0,8 g/L Sodyum Hidroksit ve 0,8 ml/L stabilizatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 60°C’de 60 dakika süreyle işlemler yürütülmüştür. Ultrason teknesinde işlemler gerçekleştirilirken daha homojen efektlerin alınması için kumaş banyo içerisinde 20’şer dakikada bir boyunun üçte biri kadar kaydırılarak işleme alınmıştır. İşlemler tamamlandıktan sonra, numuneler yıkanmış/durulanmış/nötralize edilmiş ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra, numunelerin hidrofilité ölçümleri ve beyazlık ölçümleri, ağartılmış olan numunelerin ise ayrıca mukavemet ölçümleri gerçekleştirilerek ilgili bölümlerde sunulmuştur.

Tablo 2.4. Ultrasonik yöntemlerle uygulanan ön terbiye işlemleri reçetesi

Uygulanan İşlem	Hidrofilleştirme (Ultrasonlu-Ultrasonsuz)	Ağartma (Ultrasonlu-Ultrasonsuz)
Kullanılan Kimyasal	5 g/L Na ₂ CO ₃ veya 4 g/L NaOH (0,5 ml/L Islatıcı)	2 ml/L H ₂ O ₂ (%50) 0,8 g/L NaOH 0,8 ml/L Stabilizatör
Sıcaklık	60°C	60°C
Süre	60 '	60 '

➤ **Keten Kumaşların Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

Konvansiyonel yöntemlerle fakat ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuş olarak gerçekleştirilen n terbiye işlemlerinden çıkan numuneler yine ultrasonik banyoda 3 farklı doğal boyarmadde ve 5 farklı mordanla ve mordansız olmak üzere boyama işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada ultrasonik banyoda ultrason kullanarak ve kullanılmadan hem n terbiye hem de boyama işlemleri gerçekleştirilerek ultrasonun etkisinin de ortaya konması hedeflenmiştir.

Bu amaçla boyama işlemlerinde banyo 2 L şeklinde ayarlanmıştır. Numuneler sırayla; kök boya bitkisi, havacıva bitkisi kökü ve portakal ağacı yaprakları ile ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan 60°C’de 60 dakika süreyle boyanmıştır. Ultrason teknesinde işlemler gerçekleştirilirken daha homojen efektlerin alınması için kumaş banyo içerisinde 20’şer dakikada bir boyunun üçte biri kadar kaydırılarak işleme alınmıştır.

Tablo 2.5. Ultrasonik yöntemlerle uygulanan boyama reçetesi

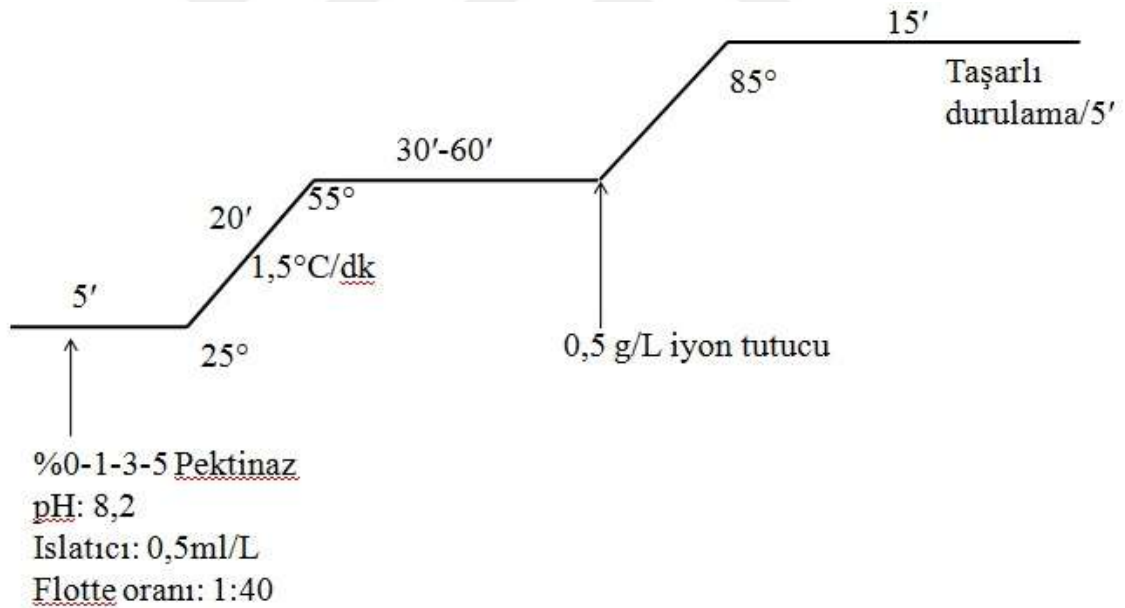
n terbiye	Ultrasonik banyoda konvansiyonel n terbiye (ultrasonlu ve ultrasonsuş)
Mordan Maddeleri -Bakır sülfat -Kalay klorür -Demir sülfat -Potasyum dikromat	%2
Potasyum Alüminyum Sülfat (şap)	%20’lik
Boyama sıcaklığı	60°C
Boyama süresi	60'
Boyama Konsantrasyonu	1:1

İşlemler tamamlandıktan sonra kumaşlar normal şartlar altında kurumaya bırakılmıştır. Boyama işlemi tamamlanan kumaşların renk verimleri ve CIE L* a* b* testleri yapılmış ve sonuçlar ilgili bölümde sunulmuştur.

2.2.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

➤ Ultrasonik ortamda pektinaz enziminin etkinliğinin araştırılması

Pektinaz enzimi ile ultrason kombinasyon denemelerine geçmeden önce pektinaz enziminin keten kumaşlarda kullanımına yönelik bir ön optimizasyon çalışması yürütülmüş ve numuneler Termal Marka laboratuvar tipi boyama makinesinde tüpler içerisinde %0, %1, %3, %5 oranlarında pektinaz enzimi içerecek şekilde işleme tabi tutulmuştur. Ardından numuneler yine tablo 2.2.'de belirtildiği şekilde Termal Marka laboratuvar tipi tüplü numune boyama makinesinde ağartılmışlardır. Bu kapsamda kullanılan enzimatik hidrofilleştirme reçetesi Şekil 2.7.' de sunulmuştur. İşlemler tamamlanınca numunelerin hidrofilite ve beyazlık dereceleri Bölüm 3'de değerlendirilmiştir.



Şekil 2.7. Keten kumaşlarda enzim kullanılarak yapılan işleme süreci

Yukarıdaki ön optimizasyon verileri ışığı altında keten kumaş numuneleri ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonluz olarak pektinaz enzimi ile işleme tabi tutularak ultrason-enzim kombinasyon etkinliği araştırılmıştır. Söz konusu işlemlerde %0 ve %3'lük pektinaz enzimi ile çalışmış ardından numuneler Tablo 2.4.'de bildirilen reçete ile ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonluz olarak ağartılmıştır. Pektinaz/Ultrason kombinasyonuna ait reçete Tablo 2.6.'da anlatılmaktadır.

Tablo 2.6. Ultrasonik banyoda enzimle işlem reçetesi

Uygulanan işlem	Enzimle işlem (%0-%3) (Ultrasonlu-Ultrasonsuz)
Kullanılan kimyasal	%0-3 pektinaz 0,5 ml/L ıslatıcı 0,5 ml/L iyon tutucu (ph 8)
Sıcaklık	60°C
Süre	60'

Ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak pektinaz enzimi ile çalışılırken, ultrasonik banyo 2 litre olarak ayarlanmıştır. Numuneler ikişer ikişer işleme tabi tutulmuştur. Reçetede belirtilen 60 dakikalık sürenin son 15 dakikasında iyon tutucu eklenmiştir. Bu işlemlerin sonunda, numunelerin beyazlık ölçümleri ve hidrofilite ölçümleri yapılmış, ağartılan numunelerin ise mukavemetleri ölçülmüştür. Söz konusu veriler ilgili bölümlerde değerlendirilmektedir.

➤ **Pektinaz enzimi ile ön terbiyesi gerçekleştirilen kumaşların ultrasonik yöntemle kök boya ile boyanması işlemi**

Daha önce ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak %3'lük pektinaz enzimiyle işleme tabi tutulan kumaşlar Bölüm 2.2.2.'de verilen ultrasonik boyama reçetesine göre, kök boya bitkisi ile ultrasonik banyoda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan boyama işlemine tabi tutulmuştur.

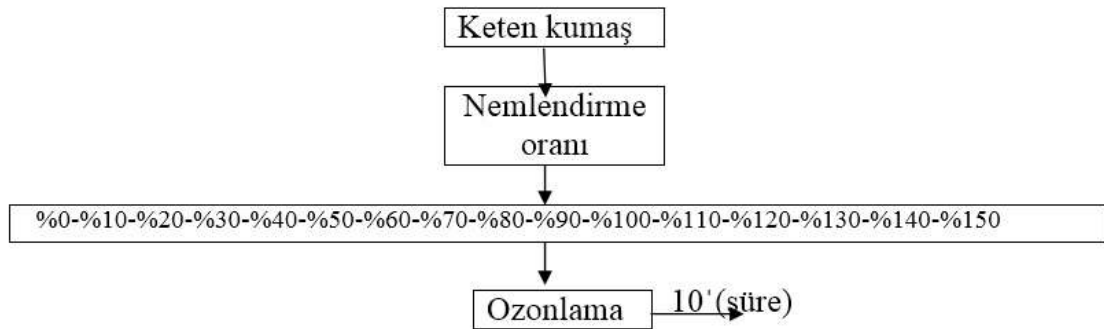
Boyama sonrasında kumaşlar yıkanmış/durulanmış ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. İşlemleri tamamlanan kumaşların renk verimleri ve CIE L* a* b* testleri yapılmış ve sonuçlar ilgili bölümde sunulmuştur. Boyama reçetesi Tablo 2.7.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.7. Pektinaz enzimi ile ön terbiyesi gerçekleştirilen kumaşların ultrasonik yöntemle boyama reçetesi.

Ön terbiye	Enzimle İşlem (ultrasonlu-ultrasonuz)
Mordan Maddeleri -Bakır sülfat -Kalay klorür -Demir sülfat -Potasyum dikromat	%2'lik
Şap	%20'lik
Boyama sıcaklığı	60°C
Boyama süresi	60 dakika
Boyama Konsantrasyonu	1:1

2.2.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması

Keten kumaşların ağartılması için, daha önceden doğal liflerin ön terbiyesinde kullanabilirliği bildirilmiş olan bir diğer yöntem ozondur. Bu amaçla çalışmada ozon gazının etkileri incelenmiştir. Keten kumaşlar ozon jeneratöründen üretilen ozonun 5 L/dk. Debi ile numunenin bulunduğu hazneye gönderilmesi ile ozonlanmışlardır.



Şekil 2.8. Ozonlama reçetesi

Numuneler çalışmanın ilk kısmında, ozonlama öncesi farklı oranda su ile emdirilmiş ve ardından ozonlanmışlardır. Ozonlama işleminde istenen nem değerlerinin elde edilmesi için Termal Marka fulard makinesinden yararlanılmıştır. Şekil 2.8.'de verilen reçetede görüldüğü gibi %0'dan %150'ye kadar sırayla nemlendirilen kumaşlar 10 dakika boyunca ozonlanmıştır. Ozonlanmış numuneler 45°C'deki su içerisinde 5 dakika süreyle yıkanarak oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. İşlemler tamamlandıktan

sonra farklı nem oranları ile ozonlanmış olan numunelerin Beyazlık (stensby) ve CIE $L^* a^* b^*$ değerleri ölçülmüştür. Optimum sonuç araştırılmıştır.

Ayrıca kumaşlar üzerinde farklı parametrelerin de etkisi incelenmek istenmiş ve bu amaçla, optimum nem oranı olarak seçtiğimiz %40 nem oranı sabit kalmak üzere, alternatif pH değerlerinde ve alternatif sürelerde ozonlama işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla, %40 nem oranında, pH 7'de 1 ve 5 dakika çalışılmış ayrıca yine pH 4'de ve pH 10'daki su ile %40 nemlendirilmiş numuneler 10'ar dakika ozonlanmıştır. Ozonlama işlemi tamamlanan numuneler yine 45°C'deki su içerisinde 5 dakika süreyle yıkanarak oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra numunelerin Beyazlık Dereceleri ve CIE $L^* a^* b^*$ değerleri ölçülmüş ve ilgili bölümde anlatılmıştır.

Çalışmada ozonun kullanılabilirliğinin araştırılmasına yönelik klasik olarak yapılan çalışmalara ek olabilecek alternatifleri de değerlendirilmiştir. Bu amaçla, keten kumaş numuneleri, hem su ile emdirilmeden hem de numunelere %40 nem verilerek ultrasonik nemlendirme cihazı ile de nemlendirilerek aynı anda ozon gazı ile ön işleme tabi tutulmuştur. Söz konusu işlemlerde; sadece su içeren, sadece H_2O_2 içeren, $H_2O_2 + NaOH$ içeren ultrasonik nemlendirici ile kombinasyon çalışmaları da test edilmiştir. Dolayısıyla sadece su ile nemlendirme + ozonlama; 100ml/lit H_2O_2 'li çözelti ile nemlendirme + ozonlama; 100ml/lit H_2O_2 + 4 gr/lit NaOH'li çözelti ile nemlendirme + ozonlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik nemlendirici ile kombinasyon çalışmaları sırayla 1, 3, 5 ve 10 dakikalık ozonlama sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Tamamlanan ozonlama işlemlerinden sonra numuneler 45°C'lik suda 5 dakika normal yıkamaya tabi tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığında kurutulan kumaşların Beyazlık dereceleri (stensby) ve CIE $L^* a^* b^*$ değerleri ölçülmüş ve ilgili bölümde değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu ozon esaslı ön işlem çalışmalarına ek olarak, Daha önce yapılan çalışmalardan optimum sonuç olarak seçtiğimiz %40 nem oranı keten kumaşlara uygulanmış ve ardından ozonlanmış numunelerin ultrasonik boyama etkisi de incelenmek istenmiştir. Bu sebeple, %40 nem alarak 10 dakika ozonlama süresinde ozonlanan numuneler yıkanıp/durulanıp, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak kök boya ile boyanmıştır. Söz konusu boyamada Tablo 2.5.'de belirtilen boyama reçetesi kullanılmıştır. Boyanması tamamlanan numuneler

yıkama/durulama işlemlerinin ardından oda sıcaklığında kurutulmuş olup, kumaşların renk verimleri ve CIE L* a* b* testleri yapılarak ilgili bölümde değerlendirilmiştir.

2.3. Değerlendirmede Kullanılan Deney ve Test Metodları

2.3.1. Beyazlık Derecesi Tayini

Konvansiyonel yöntemlerle ön işlem gören, ultrasonik banyoda ön işlem gören ve son olarak ozonlama işlemine tabi tutulan numunelerin Stensby formülüne göre beyazlık dereceleri belirlenmiştir. Ayrıca bu numunelerin CIE L*, a*, b* değerleri de ölçülmüştür. Söz konusu ölçümler, Konika/Minolta 3600d marka spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir.

2.3.2. Hidrofilite Testi

Konvansiyonel yöntemlerle ağartma-hidrofilileştirme ve enzimatik hidrofilileştirme sonrası keten kumaş numunelerinin hidrofilite test edilmiştir. Ayrıca ultrasonik banyoda ağartma ve enzimatik hidrofilileştirme işlemine tabi tutulmuş numuneler için de hidrofilite ölçümü yapılmıştır. Hidrofilite deneyi, yükselme testiyle (wicking testi) DIN 53924 Standardı [93] çerçevesinde şekil 2.9.'da gösterilen deney düzeneği oluşturulmuştur. Keten kumaş numuneleri sıvı haznesine daldırılmış, sıvının kumaş içinde katettiği mesafe belli süreler sonunda ölçülmüştür.



Şekil 2.9. Hidrofilite deney düzeneği

2.3.3. Renk Verimi Tayini (K/S)

Boyanmış numunelerin CIE $L^*a^*b^*$ değerleri ve renk verimleri (K/S) (Kubelka Munk Denklemi) Konica Minolta 3600d marka spektrofotometrede D65 ışık kaynağı altında ve 10° bakış açısı ile hesaplanmıştır.

2.3.4. Haslık Ölçümleri

Termal marka labaratuvar tipi boyama makinesinde 3 farklı doğal boyarmadde ile boyanmış numunelerin yıkama halıkları ölçülmüştür. Ölçüm için, boyanmış keten kumaş numuneleri, pamuklu kumaşla zımbalanarak yıkama maddesi ile yıkanmışlardır. Yıkama/durulama işlemleri gerçekleştikten sonra, oda sıcaklığında kurutulan keten kumaşların pamuklu kumaşı lekeleme miktarı ile yıkanmadan önceki ve sonraki renklerin arasındaki fark değerlendirilerek haslık tayini yapılmıştır. Ölçümlerde, ISO 105-C06 standardı kullanılmıştır [94].

2.3.5. Mukavemet Ölçümü

Numunelerin kopma kuvvet ve uzamaları test edilirken, ISO 2062 Standardından faydalanılmıştır [95]. Keten kumaş numunelerinden alınan ipliklerin mukavemet cihazında kopma kuvvetleri ve kopma uzamaları test edilmiştir. İşlemler hem konvansiyonel hem de alternatif yöntemlerle ağartılmış olan kumaşlardan alınan iplikler için uygulanmıştır. Ölçümler her bir kumaştan ipliklerin alınması esasına göre yapılmış ve sonuçların ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Çalışma toplamda 4 adımda gerçekleştirilmiştir. Öncelikle doğal boya kaynakları ile ketenin renklandırılması araştırılmış, ardından klasik ve enzimatik ön terbiyeye etkisi incelenmiş son olarak da ozon gazı ile çalışmalar yürütülmüştür.

3.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması

Çalışmanın bu adımımda, keten kumaşların seçilen 3 farklı doğal boya kaynağı ile renklendirilme olanakları araştırılmıştır. Numuneler boyama öncesi konvansiyonel yöntemlerle ön terbiye işlemine alınmıştır.

3.1.1. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiyesi

Bölüm 2.2.1.'de verilen deney raporu doğrultusunda bir kısmı NaOH bir kısmı da Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, daha sonra da H₂O₂ ile ağartılan keten kumaş numunelerinin beyazlık dereceleri/stensby (B) ve hidrofiliteleri (H) ölçülmüştür. Keten kumaş numunelerine ait değişimleri gösterir veriler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Konvansiyonel yöntemlerle hidrofilleştirilen ve ağartılan numunelere ait ölçüm sonuçları

		Hidrofilleştirme sonrası		Ağartma sonrası	
		NaOH	Na ₂ CO ₃	NaOH ile hidrofilleştirilen	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen
Beyazlık ölçümü (stensby)		31,97	32,04	46,22	45,12
Hidrofilitelilik ölçümü (sn)	15 sn	1 cm	0,5 cm	2 cm	1,5 cm
	30 sn	1,5 cm	1 cm	2,5 cm	2,5 cm
	60 sn	2,5 cm	1,5 cm	3,5 cm	3 cm
	90 sn	3 cm	2 cm	4 cm	3,5 cm

3.1.2. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Boyanması

Bölüm 2.2.1.'de verilen deney planına göre, konvansiyonel yöntemlerle hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri tamamlanmış olan keten kumaş numuneleri yine Bölüm 2.2.1.'de verilen reçete doğrultusunda konvansiyonel yöntemlerle, doğal boya kaynağı olarak ise; kök boya, havacıva bitkisi kökü ve portakal ağacı yaprağı ile boyanmıştır. Boyama işlemi tamamlanan numunelerin renk verimlilikleri (K/S), CIE L* a* b* değerleri ve haslıkları ölçülmüştür.

➤ Keten Kumaşların Kök Boya ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi

Numuneler, toz halindeki kök boya bitkisiyle sırasıyla; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, şap mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan numune tüplü boyama makinesi içerisinde boyanmışlardır. Elde edilen renklere ait spektral değerler Tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.2. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Ağartılmamış Numuneler	Mordansız	4,01	43,88	15,97	6,6	17,28
Bakır 2 Sülfat		3,6		44,39	14,34	5,56	15,38	21,2	
Kalay Klorür		5		41,16	16,8	7,89	18,56	25,16	
Demir 2 Sülfat		4,22		39,11	6,37	1,85	6,63	16,18	
Potasyum Dikromat		5,97		37,93	17,28	4,97	17,99	16,05	
Şap		5,24		44,57	22,5	15,22	27,17	34,07	
Ağartılmış Numuneler		Mordansız	2,82	49,49	17,26	5,74	18,19	18,39	
		Bakır 2 Sülfat	2,73	48,92	16,59	4,43	17,17	14,96	
		Kalay Klorür	3,86	45,25	18,8	6,27	19,82	18,45	
		Demir 2 Sülfat	3,08	44,11	7,88	1,33	7,99	9,6	
		Potasyum Dikromat	3,55	45,84	19,37	3,68	19,72	10,77	
		Şap	3,17	52,82	27,22	15,65	31,4	29,9	

Tablo 3.3. Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Ağartılmamış Numuneler	Mordansız	5,03	40,37	15,67	6,49	16,96
Bakır 2 Sülfat		3,75		43,74	14,02	6,02	15,26	23,24	
Kalay Klorür		4,76		41,24	15,74	6,91	17,19	23,7	
Demir 2 Sülfat		4,68		37,52	6,03	1,81	6,3	16,68	
Potasyum Dikromat		5,63		38,38	16,79	4,15	17,3	13,87	
Şap		5,76		43,39	23,55	15	27,92	32,49	
Ağartılmış Numuneler		Mordansız	3,29	47,22	17,53	6,01	18,53	18,93	
		Bakır 2 Sülfat	2,29	51,76	16,97	4,28	17,5	14,16	
		Kalay Klorür	2,92	49,05	17,95	6,01	18,93	18,5	
		Demir 2 Sülfat	2,9	44,87	7,49	0,77	7,53	5,84	
		Potasyum Dikromat	3,19	47,08	18,57	3,16	18,83	9,66	
		Şap	3,06	53,79	27,99	16,24	32,36	30,13	

Tablo 3.4. NaOH ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan ile numunelerin kök boya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri

Kullanılan Mordanlar	Lekeleme	Renk Değişimi
Mordansız	3	3
Bakır Sülfat	3-4	3-4
Kalay Klorür	3	3-4
Demir Sülfat	3-4	4
Potasyum Dikromat	4	3-4
Potasyum Alüminyum Sülfat (Şap)	3	3-4

➤ **Keten Kumaşların Havacıya Bitkisi ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi**

Konvansiyonel ön terbiye işlemlerinden çıkan numuneler, toz halindeki havacıya bitkisiyle sırasıyla; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, şap mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmışlardır. Elde edilen renklere ait spektral değerler Tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.5. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Ağartılmamış Numuneler	Mordansız	2,14	48,46	3,55	-1,41	3,82
Bakır 2 Sülfat		1,62		55,1	7,67	5,19	9,26	34,1	
Kalay Klorür		1,97		50,16	4,28	-0,76	4,35	349,88	
Demir 2 Sülfat		3,22		41,75	0,26	-1,89	1,91	277,84	
Potasyum Dikromat		2,95		45,67	-0,16	-0,02	0,16	187,49	
Şap		2,88		53,02	6,28	1,96	6,58	17,29	
Ağartılmış Numuneler		Mordansız	2,38	47,47	3,17	-0,63	3,23	348,73	
		Bakır 2 Sülfat	2,4	56,05	4,57	10,15	11,13	65,73	
		Kalay Klorür	2,92	47,01	2,66	-0,36	2,69	352,23	
		Demir 2 Sülfat	3,42	40,9	1,89	-2,18	2,89	310,79	
		Potasyum Dikromat	3,41	44,01	-0,03	0,29	0,29	95,58	
		Şap	3,64	51,37	7	5,01	8,61	35,56	

Tablo 3.6. Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)						
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°		
	1:1		Mordansız	1,95	49,93	3,25	-0,95	3,39	343,72	
			Bakır 2 Sülfat	2,12	54,1	7,54	6,19	9,75	39,37	
			Kalay Klorür	1,65	52,6	3,56	-1,46	3,85	337,62	
			Demir 2 Sülfat	3,9	40,03	0,37	-0,75	0,84	296,14	
			Potasyum Dikromat	2,65	47,18	-0,5	-0,31	0,59	212,09	
			Şap	3,27	51,8	6,57	1,91	6,84	16,25	
			Ağartılmış Numuneler	Mordansız	1,9	50,51	2,79	-0,81	2,9	343,72
				Bakır 2 Sülfat	2,55	54,36	4,77	9,54	10,67	63,42
Kalay Klorür		3,49		44,6	2,45	-0,12	2,46	357,12		
Demir 2 Sülfat		3,9		38,99	1,88	-2,09	2,81	311,9		
Potasyum Dikromat	3,03	45,99		-0,41	0,81	0,91	116,99			
Şap	3,31	50,58		6,77	2,93	7,37	23,41			

Tablo 3.7. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan ile numunelerin havacıva bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri

Kullanılan Mordanlar	Lekeleme	Renk Değişimi
Mordansız	5	4
Bakır Sülfat	3	3
Kalay Klorür	5	4
Demir Sülfat	5	4
Potasyum Dikromat	5	4-5
Potasyum Alüminyum Sülfat (Şap)	5	3

➤ **Keten Kumaşların Portakal Ağacı Yaprığı Bitkisi ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi**

Konvansiyonel ön terbiye işlemi sonrası numuneler, toz halindeki portakal ağacı yaprağı bitkisiyle sırasıyla; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, şap mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan Termal marka labaratuvar tipi boyama makinesi içerisinde boyanmışlardır. Elde edilen renklere ait spektral değerler Tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.8. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
				K/S	L*	a*	b*	C*	h°
	1:1	Ağartılmamış Numuneler	Mordansız	1,99	68,35	-2,43	17,72	17,89	97,82
			Bakır 2 Sülfat	2,49	67,02	-1,89	22,26	22,34	94,86
			Kalay Klorür	2,23	69,99	-2,09	19,05	19,16	96,27
			Demir 2 Sülfat	2,72	62,51	-0,31	16,47	16,48	91,09
			Potasyum Dikromat	2,05	70,24	-1,41	21,53	21,58	93,74
			Şap	1,88	73,37	-1,94	20,88	20,97	95,32
		Ağartılmış Numuneler	Mordansız	1,57	70,42	-2,24	16,33	16,49	97,8
			Bakır 2 Sülfat	3,4	65,83	-1,46	26,66	26,7	93,14
			Kalay Klorür	1,88	72,94	-2,56	18,14	18,32	98,03
			Demir 2 Sülfat	2,5	62,14	0,5	15,28	15,28	88,12
			Potasyum Dikromat	2,31	70,12	-1,94	22,85	22,93	94,86
			Şap	1,85	74,14	-2,55	20,46	20,62	97,1

Tablo 3.9. Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ağartılmamış Numuneler	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
				K/S	L*	a*	b*	C*	h°
	1:1	Ağartılmamış Numuneler	Mordansız	1,59	72,13	-2,5	17,47	17,65	98,15
			Bakır 2 Sülfat	2,71	65,39	-1,15	21,94	21,97	92,99
			Kalay Klorür	1,54	74,03	-2,32	18,17	18,32	97,29
			Demir 2 Sülfat	2,64	61,68	-0,2	15,8	15,8	90,71
			Potasyum Dikromat	1,71	70,99	-0,9	20,67	20,69	92,49
			Şap	2,33	71,46	-1,43	21,27	21,31	93,86
		Ağartılmış Numuneler	Mordansız	1,4	73,48	-2,08	16,65	16,78	97,13
			Bakır 2 Sülfat	3,14	66,97	-1,64	26,44	26,49	93,54
			Kalay Klorür	1,86	73,06	-2,52	18,17	18,34	97,89
			Demir 2 Sülfat	3,01	62,96	0,62	17,79	17,8	88,02
			Potasyum Dikromat	1,41	72,8	-1,47	19,11	19,17	94,39
			Şap	2,14	75,14	-3,01	21,77	21,98	97,86

Tablo 3.10. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan ile numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin yıkama haslıkları değerleri

Kullanılan Mordanlar	Lekeleme	Renk Değişimi
Mordansız	4-5	4-5
Bakır Sülfat	5	3
Kalay Klorür	4	4-5
Demir Sülfat	4-5	3-4
Potasyum Dikromat	4-5	3-4
Potasyum Alüminyum Sülfat (Şap)	5	4

3.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

Çalışmanın bu adımında, ultrasonun konvansiyonel ön terbiye ve doğal boyamacılık kombinasyonu incelenmiştir.

3.2.1. Keten Kumaşların NaOH/Na₂CO₃ ve H₂O₂ Kullanılarak Gerçekleştirilen Ultrasonik Hidrofilleştirme Ve Ağartma İşlemleri

Bölüm 2.2.2.'de verilen reçete doğrultusunda keten kumaşlar ultrasonik banyo içerisinde hidrofilleştirme ve ardından ağartma işlerine tabi tutulmuştur. Bu işlemler ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilmiştir. İşlemleri tamamlanan kumaşların beyazlık dereceleri/stensby (B) ve hidrofiliteleri (H) ölçülmüştür. Numunelere ait değişimleri gösterir veriler Tablo 3.11. ve 3.12.'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Ultrasonik yöntemle Ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen hidrofilleştirme ve ağartma işlemi

		Hidrofilleştirme		Ağartma	
		NaOH	Na ₂ CO ₃	NaOH ile hidrofilleştirilen	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen
Beyazlık ölçümü (stensby)		27,14	31,64	38,21	43,04
Hidrofiliteler ölçümü (sn)	15	1,5 cm	2 cm	1 cm	2 cm
	30	2,5 cm	2,5 cm	2 cm	2 cm
	60	3 cm	3,5 cm	3 cm	3 cm
	90	3,5 cm	4 cm	3,5 cm	3,5 cm

Tablo 3.12. Ultrasonik yöntemle Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen hidrofilleştirme ve ağartma işlemi

		Hidrofilleştirme		Ağartma	
		NaOH	Na ₂ CO ₃	NaOH ile hidrofilleştirilen	Na ₂ CO ₃ ile hidrofilleştirilen
Beyazlık ölçümü (stensby)		25,44	28,5	35,48	35,09
Hidrofilite ölçümü (sn)	15	0,5 cm	-	0,5 cm	1 cm
	30	1,5 cm	0,5 cm	1,5 cm	1,5 cm
	60	2 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
	90	2,5 cm	1 cm	2,5 cm	3 cm

3.2.2. Keten Kumaşların Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması

Doğal boyamacılıkta ultrason kullanımının analizi için 3 farklı doğal boya kaynağı ile ultrasonun varlığında ve yokluğunda denemeler gerçekleştirilmiştir.

➤ Keten Kumaşların Kök Boya ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması

NaOH (sodyum hidroksit) ve Na₂CO₃(sodyum karbonat) ile ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultraonsuz olarak hidrofilleştirilen keten kumaş numuneleri, H₂O₂ ile yine ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultrasonsu olarak ağartılmış, sonra ultrasonik banyo içerisinde ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan toz halindeki kök boya bitkisiyle farklı mordanlar kullanılarak ve mordansız şekilde boyanmışlardır.

Söz konusu boyama reçetesi Bölüm 2.2.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.13. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,95	54,72	18,34	2,48	18,51
Bakır 2 Sülfat		1,63		57,01	16,4	5,42	17,28	18,3	
Kalay Klorür		2,38		56,05	23,04	13,38	26,65	30,14	
Demir 2 Sülfat		1,75		58,31	12,84	8,87	15,61	34,64	
Potasyum Dikromat		2,68		50,16	18,77	3,68	19,13	11,11	
Şap		3,72		50,97	25,02	16,72	30,09	33,75	
Ultrason Çalıştırılarak		Mordansız	1,03	65,23	13,97	6,77	15,52	25,86	
		Bakır 2 Sülfat	1,49	64,2	10,73	13,93	17,58	52,39	
		Kalay Klorür	1,67	59,66	18,44	11,36	21,66	31,62	
		Demir 2 Sülfat	1,48	62,81	11,9	10,25	15,71	40,72	
		Potasyum Dikromat	1,34	61,08	16,14	6,24	17,3	21,14	
		Şap	1,19	69,31	13,93	16,82	21,84	50,37	

Tablo 3.14. Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	2,05	53,48	17,55	1,67	17,63
Bakır 2 Sülfat		1,6		57,39	16,38	6,08	17,47	20,36	
Kalay Klorür		2,38		51,68	17,22	4,97	17,92	16,09	
Demir 2 Sülfat		1,72		57,4	13,44	7,39	15,34	28,82	
Potasyum Dikromat		2,61		50,4	18,93	3,14	19,19	9,41	
Şap		2,59		55,58	22,62	15,73	27,55	34,81	
Ultrason Çalıştırılarak		Mordansız	1,06	63,44	15,31	5,63	16,31	20,2	
		Bakır 2 Sülfat	1,53	63,96	10,61	13,75	17,37	52,34	
		Kalay Klorür	1,75	59,57	17,37	11,77	20,98	34,13	
		Demir 2 Sülfat	1,61	62,05	11,56	10,49	15,61	42,21	
		Potasyum Dikromat	1,49	59,06	17,02	5,87	18	19,03	
		Şap	1,11	70,43	13,89	16,7	21,72	50,24	

➤ **Keten Kumaşların Havacıya Bitkisi ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

NaOH (sodyum hidroksit) ve Na_2CO_3 (sodyum karbonat) ile ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultrasonlu olarak hidrofilleştirilen keten kumaş numuneleri, H_2O_2 ile yine ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu / ultrasonlu olarak ağartılmış, ultrasonik banyo içerisinde ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan toz halindeki havacıya bitkisiyle sırasıyla; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, şap mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan boyanmıştır.

Söz konusu boyama reçetesi Bölüm 2.2.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.15. NaOH ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan numunelerin havacıya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)						
	1:1			K/S	L*	a*	b*	C*	h°	
			Mordansız	2,15	54,53	-0,31	4,38	4,39	94,06	
			Bakır 2 Sülfat	2,51	56,39	3,37	10,67	11,19	72,49	
			Kalay Klorür	2,14	54,57	0,25	2,29	2,3	83,72	
			Demir 2 Sülfat	1,97	57,64	1,35	6,26	6,41	77,86	
			Potasyum Dikromat	1,67	61,27	1,6	7,75	7,92	78,31	
			Şap	1,76	56,75	4,53	1,59	4,8	19,38	
			Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,42	64,76	0,92	8,82	8,86	84,07
				Bakır 2 Sülfat	1,33	70,69	2,58	15,47	15,68	80,51
Kalay Klorür	1,23	67,66		0,33	8,04	8,05	87,67			
Demir 2 Sülfat	1,23	67,2		1,41	9,29	9,4	81,37			
Potasyum Dikromat	1,39	66,31		1,62	10,44	10,56	81,15			
Şap	0,81	72		2,37	7,01	7,4	71,29			

Tablo 3.16. Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin havacıya bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	1:1			K/S	L*	a*	b*	C*	h°
			Mordansız	1,87	56,54	1,29	4,27	4,46	73,21
			Bakır 2 Sülfat	2,05	59,84	3,62	10,91	11,49	71,66
			Kalay Klorür	2,14	54,94	-0,41	2,1	2,14	101,12
			Demir 2 Sülfat	1,84	57,27	0,28	4,29	4,3	86,23
		Potasyum Dikromat	1,87	56,54	1,29	4,27	4,46	73,21	
		Şap	1,45	59,36	4,03	1,15	4,19	15,96	
		Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,24	66,2	0,71	8,01	8,04	84,95
			Bakır 2 Sülfat	1,2	71,55	2,72	14,76	15,01	79,57
Kalay Klorür	1,2		68,1	0,54	8,38	8,4	86,3		
Demir 2 Sülfat	1,26		67,28	1,54	9,88	10	81,15		
Potasyum Dikromat	1,37		65,67	1,28	9,34	9,43	82,18		
Şap	0,81		72,61	2,09	8,18	8,44	75,67		

➤ **Keten Kumaşların Portakal Ağacı Yaprığı Bitkisi ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

Sodyum hidroksit ve Sodyum karbonat ile ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak hidrofilleştirilen keten kumaş numuneleri, ardından H₂O₂ ile yine ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultrasonsuz olarak ağartılmış ve sonrasında ultrasonik banyo içerisinde ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan toz halindeki portakal ağacı yaprağı bitkisiyle farklı mordan maddeleriyle ve mordansız olarak boyanmışlardır. Söz konusu boyama reçetesi Bölüm 2.2.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.17. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)						
	1:1			K/S	L*	a*	b*	C*	h°	
			Mordansız	1,77	67,82	-1,52	18,18	18,24	94,78	
			Bakır 2 Sülfat	3,56	64,76	-2,6	31,08	31,19	94,78	
			Kalay Klorür	1,76	67,63	-1,2	17,51	17,55	93,93	
			Demir 2 Sülfat	1,92	67,3	-1,12	18,46	18,5	93,47	
			Potasyum Dikromat	1,94	66,4	-1,29	18,65	18,7	93,95	
			Şap	1,8	70,27	-0,65	20,32	20,33	91,82	
			Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,35	71,84	-0,58	16,95	16,96	88,03
				Bakır 2 Sülfat	2,4	68,77	-0,71	27,64	27,65	91,47
Kalay Klorür		1,14		74	-0,11	17,4	17,4	90,36		
Demir 2 Sülfat	1,46	69,94		1,03	16,77	16,8	86,47			
Potasyum Dikromat	1,36	70,59		0,83	16,46	16,48	87,12			
Şap	1,65	69,58		1,3	18,05	18,1	85,88			

Tablo 3.18. Na_2CO_3 ile hidrofilileştirilen, H_2O_2 ile ağartılan numunelerin portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
				K/S	L*	a*	b*	C*	h°
	1:1		Mordansız	1,74	67,96	-1,59	17,95	18,02	95,05
		Bakır 2 Sülfat	2,97	65,93	-2,5	28,9	29,01	94,95	
		Kalay Klorür	1,75	68,46	-1,65	18,81	18,88	95	
		Demir 2 Sülfat	1,67	68,13	-0,92	17,51	17,54	93,02	
		Potasyum Dikromat	1,53	69,42	-1,07	17,41	17,45	93,53	
		Şap	1,76	70,61	-0,82	20,46	20,47	92,29	
		Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,27	72,66	0,45	16,88	16,88	88,47
			Bakır 2 Sülfat	2,25	68,97	-0,75	25,52	25,53	91,68
			Kalay Klorür	1,39	69,44	0,93	15,54	15,57	86,58
			Demir 2 Sülfat	1,12	73,85	0,27	16,19	16,2	89,04
			Potasyum Dikromat	1,42	70,69	0,71	16,67	16,69	87,58
			Şap	1,54	69,68	1,17	17,02	17,06	86,08

3.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

Pektinaz enziminin ultrason ile kombinasyonun araştırılmasında öncelikle Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde ön reçete optimizasyonu yapılmış ve pektinazın keten ön terbiyesindeki etkinliği araştırılmıştır. Ardından belirlenen reçete ile ultrasonik banyoda ultrason varlığında / yokluğunda olmak üzere işlemler gerçekleştirilmiş ve kök boya ile renklendirme yapılmıştır.

3.3.1. Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması

Pektinaz enzimi ile ultrasonik denemelere geçmeden önce, Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesi tüplerinde, numuneler, %0, %1, %3, %5 oranlarında pektinaz enzimiyle işleme tabi tutulduktan sonra, yine Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesi tüplerinde ağartılmışlardır. Bölüm 2.2.3. 'de verilen deney planı çerçevesinde pektinaz enzimi ile işleme tabi tutulan ve ardından ağartılan keten kumaşların hidrofilite ve beyazlık dereceleri ölçümleri yapılmış olup, numunelerin ölçüm sonuçlarına ait veriler Tablo 3.19. ve Tablo 3.20.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Pektinaz enzimi ile boyama tüplerinde işlem görmüş numunelerin hidrofilite ve beyazlık ölçümleri

İşlem Süresi	Pektinaz enzimi (%)	Hidrofilite				Beyazlık Ölçümleri (stensby)
		cm/15 sn	cm/30 sn	cm/60 sn	cm/90 sn	
30'	0	2	2,5	3,5	4	34,48
	1	2	2,5	3,2	4	33,62
	3	2	3	3,4	4,2	33,36
	5	2,2	3	3,9	4,2	33,67
60'	0	2	2,5	3,3	4	33,72
	1	2,5	3	3,5	4,3	33,87
	3	2,5	3,1	3,8	4,3	31,82
	5	2,6	3,2	4	4,5	34,33

Tablo 3.20. Pektinaz enzimiyle boyama tüplerinde işlem görmüş ve ardından ağartılmış numunelerin hidrofilite ölçümleri

İşlem Süresi	Pektinaz enzimi (%)	Hidrofilite			
		cm/15 sn	cm/30 sn	cm/60 sn	cm/90 sn
30'	0	2,6	3,1	4	4,4
	1	3	3,7	4,5	5
	3	3	3,8	4,5	5
	5	3	3,8	4,6	5,2
60'	0	3,3	3,8	4,4	5
	1	3,5	4	5	5,5
	3	3,6	4	4,8	5,1
	5	3,5	4	4,9	5,3

3.3.2. Ultrasonik Ortamda Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması

Boyama tüplerinde enzimle gerçekleştirilen optimizasyon işlemi sonrasında, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve Bölüm 2.2.3.'de verilen deney raporu çerçevesinde ultrason-enzim etkileşimini araştırmak amacıyla keten kumaşlar %0'lık ve %3'lük pektinaz enzimiyle ultrasonik banyoda ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan enzimle işleme tabi tutulmuştur. Sonrasında, yine Bölüm 2.2.3.'de verilen reçete doğrultusunda ultrasonik banyoda enzimle işlem görmüş kumaşların ultrasonlu ve ultrasonuz ağartmaları gerçekleştirilmiştir. İşlemleri tamamlanan numunelerin hidrofiliteleri (H) ve beyazlık dereceleri (B) ölçülmüş olup, numunelerdeki değişimlere ait veriler Tablo 3.21 ve 3.22'de gösterilmiştir.

Tablo 3.21. Ultrasonik yöntemle ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen enzimatik işlem ve ağartma işlemi

		Pektinaz Enzimi		Ağartma	
		%0	%3	%0	%3
Beyazlık ölçümü (stensby)		32,27	30,72	36,35	37,61
Hidrofilite ölçümü (sn)	15	0,9 cm	1,5 cm	1 cm	1,8 cm
	30	1,7 cm	2,3 cm	2 cm	2,3 cm
	60	2,3 cm	3 cm	2,8 cm	2,8 cm
	90	3 cm	3,5 cm	3,7 cm	4 cm

Tablo 3.22. Ultrasonik yöntemle ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen enzimatik işlem ve ağartma işlemi

		Pektinaz Enzimi		Ağartma	
		%0	%3	%0	%3
Beyazlık ölçümü (stensby)		29,55	32,14	39,04	34,76
Hidrofilite ölçümü (sn)	15	0,8 cm	1 cm	1 cm	1,3 cm
	30	1,6 cm	1,9 cm	1,8 cm	2 cm
	60	2,3 cm	2,6 cm	2,6 cm	2,8 cm
	90	2,9 cm	3 cm	3 cm	3,8 cm

3.3.3. Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi Gerçekleştirilen Kumaşların Ultrasonik Yöntemle Kök Boya ile Boyanması İşlemi

Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde pektinazla gerçekleştirilen işlemler sonrasında optimum olarak değerlendirilen %3'lük pektinaz ile ultrasonik banyoda çalışılması araştırılmıştır. Bu sebeple, %3'lük pektinaz enzimi ile keten kumaşlar ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuş olarak işleme tabi tutulmuş ardından yine ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuş olarak ağartma işlemi gerçekleştirilmiş son olarak da Bölüm 2.2.2.'de belirtilen boyama reçetesi doğrultusunda numuneler kök boya ile ultrasonik banyoda ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan boyanmıştır. Boyamaları tamamlanan numunelerden elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 3.23'de gösterilmektedir.

Tablo 3.23. Pektinaz enzimi ile ön terbiyesi gerçekleştirilen numunelerin kök boya ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

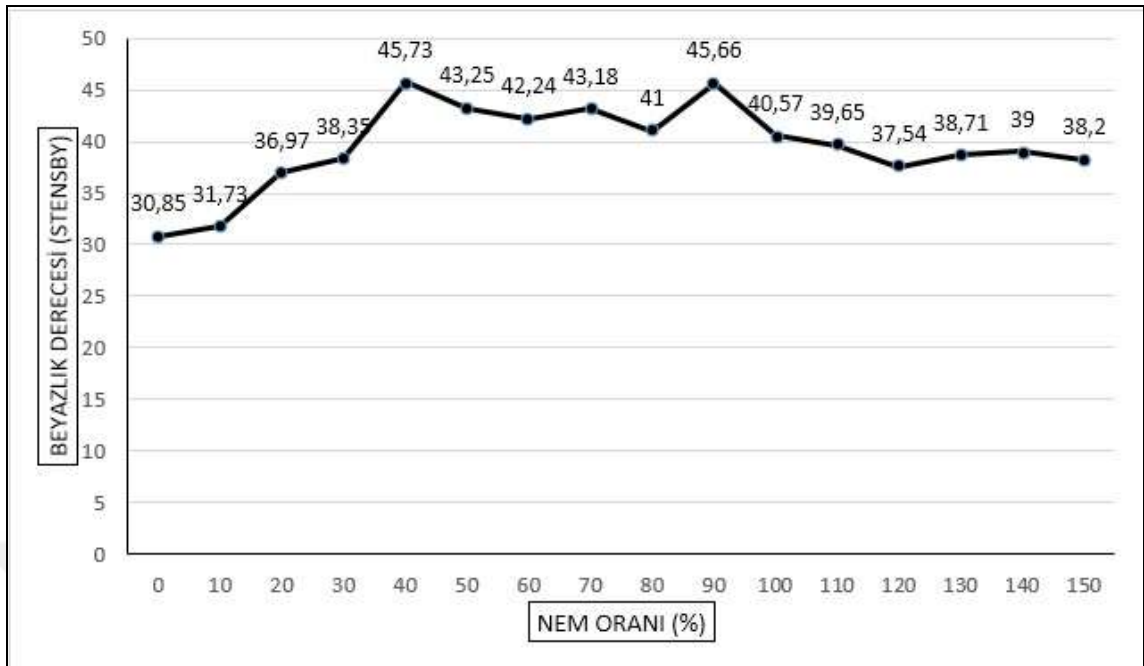
Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	1:1			K/S	L*	a*	b*	C*	h°
			Mordansız	2,52	51,35	18,59	5,01	19,25	15,08
			Bakır 2 Sülfat	2,04	54,82	14,48	9,56	17,36	33,44
			Kalay Klorür	2,92	49,09	19,43	3,59	19,76	10,46
			Demir 2 Sülfat	2,01	54,6	18,54	5,22	19,26	15,73
			Potasyum Dikromat	2,85	49,47	19,02	4,97	19,66	14,66
	Şap	2,89	53,95	24,05	15	28,34	31,94		
	Ultrason Çalıştırılmadan	Mordansız	1,72	57,44	14,77	6,33	16,07	23,19	
		Bakır 2 Sülfat	1,4	65,07	8,13	12,31	14,75	56,55	
		Kalay Klorür	1,64	58,04	13,32	5,42	14,38	22,12	
		Demir 2 Sülfat	1,31	62,79	13,46	7,95	15,63	30,56	
Potasyum Dikromat		1,59	59,1	14,13	6,58	15,59	24,98		
Şap	1,31	67,2	12,53	15,13	19,65	50,39			

3.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması

Bölüm 2.2.4.'de belirtilen ozonlama reçetesinde açıklandığı gibi keten kumaş numuneleri %0'dan başlamak üzere %150'ye kadar farklı nemlendirme oranlarında ph 7'de 10 dakika süreyle ozonlama işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen CIE L* a* b* sonuçları ve beyazlık dereceleri (W:Stensby) incelenmiştir.

Tablo 3.24. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık değerleri

Nem oranları (ph:7, süre:10')	Beyazlık Ölçümü (Stensby)
%0	30,85
%10	31,73
%20	36,97
%30	38,35
%40	45,73
%50	43,25
%60	42,24
%70	43,18
%80	41
%90	45,66
%100	40,57
%110	39,65
%120	37,54
%130	38,71
%140	39
%150	38,2



Şekil 3.1. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık değerleri grafiği

Tablo 3.25. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen hidrofilitite değerleri

Nem Oranları (pH:7, süre:10 dk)	Hidrofilitite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
%0	0,5 cm	1 cm	1,5 cm	2 cm
%10	0,5 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
%20	1 cm	1,5 cm	2,2 cm	3 cm
%30	0,5 cm	1 cm	2 cm	3 cm
%40	0,8 cm	1,5 cm	2,2 cm	3 cm
%50	0,8 cm	1,5 cm	2,2 cm	3 cm
%60	0,5 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
%70	0,8 cm	1,2 cm	2 cm	2,5 cm
%80	0,8 cm	1,5 cm	2 cm	2,5 cm
%90	0,8 cm	1,2 cm	2 cm	2,5 cm
%100	0,5 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
%110	0,5 cm	0,8 cm	1 cm	2 cm
%120	0,5 cm	1,3 cm	2 cm	2,5 cm
%130	1 cm	1,8 cm	2,5 cm	3 cm
%140	0,5 cm	1 cm	2 cm	2,5 cm
%150	0,5 cm	1 cm	2,5 cm	3 cm

Tablo 3.26. Farklı nem oranları verilerek keten kumaşlara uygulanan ozonlama işlemi sonucu elde edilen CIELab ve K/S değerleri

Nem Oranları (Ph:7, Süre:10')	CIE L* a* b* (D65)				
	L*	a*	b*	C*	h°
%0	57,96	2,62	12,23	12,51	77,9
%10	58,24	2,19	11,36	11,57	79,1
%20	63,42	2,26	11,15	11,38	78,56
%30	63,74	2,21	10,57	10,8	78,21
%40	72,55	1,9	10,7	10,87	79,92
%50	67,49	1,86	9,54	9,72	78,97
%60	65,79	2,14	9,59	9,83	77,43
%70	67,51	1,76	9,46	9,62	79,47
%80	64,72	1,67	9,13	9,26	79,61
%90	67,61	1,51	8,11	8,25	79,44
%100	63,52	2,01	9,21	9,43	77,67
%110	63,04	1,86	9,24	9,43	78,62
%120	63,01	1,92	10,29	10,47	79,42
%130	62,85	1,8	9,52	9,69	79,29
%140	62,67	2	9,55	9,76	78,16
%150	62,41	2,14	9,98	10,2	77,91

Ayrıca keten kumaş numunelerine farklı pH ve farklı sürelerde optimum sonuç olarak yorumlanan %40 nem oranında ozonlama işlemi uygulanmıştır.

Tablo 3.27. Farklı sürelerde gerçekleştirilen ozonlama işlemi sonucunda elde edilen beyazlık ve CIELab değerleri

Nem oranı	pH	Süre	Beyazlık Ölçümü (Stensby)	CIE L*a*b* (D65)				
				L*	a*	b*	C*	h°
%40	7	1 dakika	35,32	61,43	2,19	10,99	11,2	78,74
%40	7	5 dakika	40,61	66,19	1,88	10,2	10,37	79,57

Tablo 3.28. Farklı pH'larda gerçekleştirilen ozonlama işlemi sonucu elde edilen beyazlık ve CIELab değerleri

Nem oranı	pH	Süre	Beyazlık Ölçümü (Stensby)	CIE L*a*b* (D65)				
				L*	a*	b*	C*	h°
%40	4	10 dakika	45,5	69,93	1,63	9,34	9,48	80,08
%40	10	10 dakika	45,8	68,63	1,56	8,52	8,66	79,64

Çalışmalarda ozon gazının klasik uygulamaları dışında alternatif kombinasyonları da denenmiştir. Bu amaçla, Bölüm 2.2.4.'de belirtildiği gibi, ultrasonik nemlendirici ile gerçekleştirilen ve sadece su içeren, sadece H₂O₂ içeren, H₂O₂+NaOH içeren

kombinasyon çalışmaları neticesinde kumaşların Beyazlık dereceleri (stensby), CIE L* a* b* değerleri ve hidrofilite ölçülmüştür. Kuru kumaşlar üzerinde yapılan kombinasyon işlemleri ve %40 nemlendirilmiş kumaşlar üzerinde yapılan kombinasyon işlemleri ayrı ayrı tablolarda değerlendirilmiştir. Elde edilen değerler tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 3.29. Nemlendirme yapılmadan sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	30,1	56,9	2,22	11,63	11,84	79,11
	3	30,33	56,74	2,25	11,49	11,71	78,9
	5	31,11	57,77	2,22	11,5	11,72	79,1
	10	34,2	59,49	2,01	10,46	10,66	79,13

Tablo 3.30. Nemlendirme yapılmadan sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri.

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	0,3 cm	1 cm	1,8 cm	2,2 cm
3	0,5 cm	1 cm	1,2 cm	2,2 cm
5	1 cm	1,2 cm	2 cm	2,3 cm
10	1 cm	1,8 cm	2,3 cm	3 cm

Tablo 3.31. Nemlendirme yapılmadan sadece H₂O₂ içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	31,52	58,25	1,93	11,14	11,31	80,17
	3	31,62	58,13	2,07	11,22	11,41	79,53
	5	31,62	57,76	2,22	11,25	11,47	78,87
	10	32,48	58,32	2,11	10,93	11,13	79,06

Tablo 3.32. Nemlendirme yapılmadan sadece H_2O_2 içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	0,3 cm	0,5 cm	1 cm	1,8 cm
3	0,5 cm	1 cm	1,5 cm	2 cm
5	1,5 cm	2 cm	2,5 cm	3,5 cm
10	1,5 cm	2 cm	2,5 cm	3,5 cm

Tablo 3.33. Nemlendirme yapılmadan H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	29,29	55,54	2,14	11,36	11,56	79,33
	3	29,78	56,13	2,2	11,44	11,65	79,11
	5	29,64	55,94	2,14	11,35	11,55	79,34
	10	30,13	57,36	2,35	11,99	12,22	78,9

Tablo 3.34. Nemlendirme yapılmadan H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	0,3 cm	1 cm	1,5 cm	2 cm
3	0,5 cm	1,5 cm	2,2 cm	3 cm
5	0,5 cm	1,2 cm	1,8 cm	3 cm
10	0,5 cm	1 cm	2 cm	3 cm

Tablo 3.35. %40 nemlendirme sonrası sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	36,36	62,3	1,99	10,62	10,81	79,4
	3	40,24	64,88	1,86	9,77	9,95	79,23
	5	41,45	66,38	1,71	9,69	9,84	80,01
	10	45,01	68,42	1,64	8,9	9,05	79,59

Tablo 3.36. %40 nemlendirme sonrası sadece su içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	1,5 cm	2 cm	3 cm	4 cm
3	1,5 cm	2 cm	3 cm	4 cm
5	1,5 cm	2,2 cm	3,2 cm	4 cm
10	1,8 cm	2,5 cm	3,5 cm	4 cm

Tablo 3.37. %40 nemlendirme sonrası sadece H₂O₂ içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	34,64	60,25	1,94	10,49	10,67	79,54
	3	37,37	63,36	1,86	10,45	10,62	79,89
	5	42,02	66,41	1,69	9,43	9,58	79,83
	10	46,08	69,14	1,62	8,72	8,87	79,48

Tablo 3.38. %40 nemlendirme sonrası sadece H₂O₂ içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	1,5 cm	2 cm	3 cm	3,5 cm
3	1,5 cm	2 cm	3,2 cm	4 cm
5	1,5 cm	2 cm	3 cm	3,5 cm
10	1,5 cm	2,2 cm	3,5 cm	4 cm

Tablo 3.39. %40 nemlendirme sonrası H₂O₂+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen beyazlık dereceleri ve CIELab değerleri

Yıkama Yöntemi	Ozonlama Süresi (dk)	Beyazlık Derecesi (stensby)	CIELab değerleri				
			L*	a*	b*	C*	h°
Normal	1	36,23	61,86	1,88	10,36	10,53	79,69
	3	38,19	64,46	1,9	10,59	10,76	79,84
	5	41,07	66,12	1,89	9,68	9,86	78,96
	10	44,33	68,5	1,77	9,4	9,56	79,32

Tablo 3.40. %40 nemlendirme sonrası H_2O_2+NaOH içeren ultrasonik nemlendirme-ozon kombinasyonu işlemi sonucunda elde edilen hidrofilite değerleri

Ozonlama Süresi (dk)	Hidrofilite Ölçümleri (sn)			
	15	30	60	90
1	1,5 cm	2,1 cm	3,5 cm	4 cm
3	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm
5	1,5 cm	2 cm	3 cm	3,5 cm
10	1,5 cm	2,2 cm	3,2 cm	4 cm

Son olarak, pH 7’de %40 nem alarak 10 dakika ozonlama işlemi gören keten kumaş numuneleri 45°C suda 5 dakika yıkanmış, oda sıcaklığında kurutulmuş ardından ultrasonik banyoda Bölüm 2.2.2.’de verilen boyama reçetesi doğrultusunda ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan kök boyası bitkisi ile boyama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra kumaşların CIE L* a* b* ve K/S değerleri ölçülmüştür.

Tablo 3.41. Ozon gazı yöntemiyle ağartılmış numunelerin ultrasonik banyoda kök boyası ile boyandıktan sonra elde edilen renklerin CIELab ve K/S değerleri

Birlikte Mordanlama	Boyama Konsantrasyonu	Ultrason Çalıştırılarak	Mordan Tipi	CIE L*a*b* (D65)					
	K/S			L*	a*	b*	C*	h°	
	1:1		Mordansız	2,91	49,29	19,15	4,44	19,66	13,05
			Bakır 2 Sülfat	1,73	55,75	14,34	6,62	15,8	24,77
			Kalay Klorür	2,36	54,76	20,45	10,39	22,94	26,93
			Demir 2 Sülfat	2,42	51,52	18,24	4,09	18,69	12,65
			Potasyum Dikromat	2,94	48,44	17,9	3,93	18,32	12,4
			Şap	3,05	53,53	23,32	15,86	28,2	34,22
	Ultrason Çalıştırılmadan		Mordansız	1,47	58,36	14,7	4,54	15,39	17,15
			Bakır 2 Sülfat	0,96	68,23	7,4	9,78	12,27	52,87
Kalay Klorür		1,47	59,14	13,53	6,05	14,82	24,1		
Demir 2 Sülfat		1,21	61,66	14,03	6,28	15,37	24,1		
Potasyum Dikromat		1,39	59,86	15,87	5,43	16,77	18,9		
Şap		1,15	67,33	10,3	13,28	16,8	52,2		

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez kapsamında yürütülen çalışmalar sonrası elde edilen verilere ait sonuçların bu bölümde tartışılması ve sonuçların özetlenerek önerilerin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

4.1. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Renklendirme Olanaklarının Araştırılması

Keten kumaşlar klasik ortamda çeşitli sentetik boyalarla renklendirilebilmektedir. Bu adımda ise keten kumaşların kök boya, havacıya bitkisi ve portakal ağacı yaprağı özelinde doğal boya kaynakları ile renklendirilme olanakları araştırılmıştır. Bu işleme geçmeden önce kumaşlar farklı konvansiyonel ön terbiye işlemlerinden geçirilmişlerdir.

4.1.1. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiyesi

Keten kumaşlar konvansiyonel yöntemle Termal Marka Laboratuvar tipi boyama makinesinde yer alan tüpler içerisinde hidrofilleştirilmiş ve ağartılmıştır. İşlemleri tamamlanan numunelerin beyazlık (stensby) ve hidrofilité ölçümleri yapılmış ve bu arada kumaşlar NaOH veya NaCO₃ ile hidrofilleştirilmiş, yöntem-materyal kısmında belirtildiği gibi H₂O₂ ile ağartılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Buna göre şu sonuçlar çıkartılmaktadır;

Beyazlık değişimi:

NaOH (sodyum hidroksit) ve Na₂CO₃(sodyum karbonat) ile olmak üzere keten kumaşlar iki farklı kimyasal ile hidrofilleştirilmiştir. Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen kumaşların beyazlık ölçümü 32,04 stensby olarak tespit edilmiş ve NaOH ölçüm

sonuçlarıyla neredeyse aynı beyazlık elde edildiği gözlemlenmiştir. Ancak hidrofilleştirildikten sonra gerçekleştirilen ağartma işlemi sonucunda yapılan beyazlık ölçüm sonuçlarında NaOH ile hidrofilleştirildikten sonra ağartılan numunelerin ölçüm sonucu 46,22 stensby tespit edilerek Na_2CO_3 ölçüm sonuçlarından daha iyi beyazlık elde edilmiştir. Muhtemelen daha kuvvetli bir baz olan NaOH ile elde edilen temizleme etkisi H_2O_2 ağartması sonrası elde edilen beyazlığın çok daha fazla artmasına neden olmuştur.

Hidrofilite:

Su emme konusunda zayıf olan kumaşlar terbiye işlemleri sırasında bazı sorunlar yaratmaktadır. Bu sebeple terbiye işlemlerinden daha iyi verim almak için keten kumaşlar ön terbiye işlemleri ile hidrofil hale getirilmek istenmiştir. Denemeler sonrasında hidrofilliğin analiz edilmesi için DIN Standardına göre sıvı yükselmeleri farklı süreler için denenmiştir. Kronometre aracılığıyla yükselme seviyeleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, NaOH ile hidrofilleştirilen numunelerde süre arttıkça yükselme seviyelerinin Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen numunelere kıyasla daha çok arttığı gözlemlenmiştir. NaOH ile hidrofilleştirilen numunelerin hidrofilite deneyi sonuçlarına göre 90 sn sonunda 3 cm'e ulaşırken, Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen numunelerin hidrofilite deneyi sırasında 90 sn sonunda 2 cm'de kaldığı gözlemlenmiştir. Sonrasında yapılan ağartma işlemi neticesinde hidrofilite ölçümü yapıldığında da, NaOH ile hidrofilleştirildikten sonra ağartılan numunelerde süre arttıkça daha çok yükselme gözlemlenmiştir. NaOH ile hidrofilleştirildikten sonra ağartılan numunelerin hidrofilite deneyi yapılırken 90 sn sonunda 4 cm' ulaştığı, Na_2CO_3 ile hidrofilleştirildikten sonra ağartılan kumaşların ise söz konusu deney sırasında 90 sn sonunda 3,5 cm yükseklikte kaldığı görülmüştür. NaOH hidrofilleştirilmesi yapılan kumaşlarda hidrofilite işleminin daha verimli olduğu yorumlanmıştır. NaOH'ın kuvvetli bir baz oluşunun bu durumun sebebi olduğu düşünülmektedir. Daha iyi bir temizlemenin sonucu olarak, diğer bir ifade ile safsızlıkların daha iyi giderilmesi nedeniyle NaOH ile elde edilen hidrofiliteliklerin daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

4.1.2. Keten Kumaşların Doğal Boya Kaynakları ile Boyanması

Kumaşların boyanmasında öğütülmüş olan doğal boya kaynakları ekstraksiyon yapılmadan kumaş ağırlığı kadar direkt olarak banyoya ilave edilmiştir. Bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat ve şap mordanlarıyla ayrıca mordansız olarak tek tek boyamalar gerçekleştirilmiştir. Boyamada birlikte mordanlama yöntemine göre boyamalar yapılmıştır.

➤ Keten Kumaşların Kök Boya ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi

Ön terbiyesinde NaOH veya Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar ağartıldıktan sonra toz halindeki kök boya bitkisiyle; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, potasyum alüminyum sülfat (şap) mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan boyama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numunelerin K/S ve CIELab ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

NaOH ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması işlemi:

Ön işlem olarak konvansiyonel yöntemle NaOH ile hidrofilleştirilen numuneler ardından konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve son olarak kök boya ile Termal marka numune boyama makinesinde boyanmışlardır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılma yapılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılma yapılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri, ağartılarak boyanmış olan kumaşların ayrıca haslıkları ölçülerek değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.2. ve Tablo 3.4.'de gösterilmiştir. Buna göre; mordanlarla birlikte ve mordansız olarak ağartılma işlemi olmadan boyanması gerçekleşen kumaşların ölçüm sonuçlarında K/S oranının yani renk verimliliğinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek verim ise 5,97 K/S oranı ile potasyum dikromat mordanıyla gerçekleştirilen boyamada elde edilmiştir. Ayrıca mordan kullanılmadan gerçekleştirilen boyama işleminde de bakır II sülfat mordanına kıyasla daha yüksek renk verimi elde edildiği gözlemlenmiştir. Ağartılmış olan numunelerden şap ile boyanmış olan numunenin 31,4 C^* değeri ile en yüksek doygunluğa sahip olduğu ayrıca tüm ağartılarak boyanmış kumaşların doygunluklarının

daha iyi olduğu anlaşılmıştır. L^* açıklık-koyuluk değerleri incelendiğinde ise; ağartılmış olan numunelerden beklendiği gibi daha açık renkler elde edildiği görülmüştür. Örneğin ağartılmadan potasyum dikromat mordanı ile boyanan kumaşların L^* değerinin 37,93 iken ağartma sonrası boyama ile bu değerin 45,84 L^* olduğu görülmüştür.

Haslık ölçümleri incelendiğinde, kök boya ile boyanmış kumaşların lekeleme ve renk değişimi değerlerinin ortalama bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Diğer doğal boyalarla gerçekleştirilen boyamalara göre kök boya ile boyanmış kumaşların lekeleme (kirlenme) eğilimlerinin yüksek olduğu, renk değişiminin ise tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda orta seviyede olduğu anlaşılmıştır. Kök boya ile boyama sonucunda elde edilen renkler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renk tonlarının pembe-kırmızı tonlarında olduğu görülmüştür. Demir II Sülfat mordanı ile boyanmış numunelerden diğer tonlardan daha farklı tonlar elde edilmiştir. Mordan kullanılmadan gerçekleştirilen boyama sonucunda da mordan kullanılarak gerçekleşen boyamalarda elde edilen tonlar yakalanmıştır. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyaması yapılan renklerin daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre, ağartılarak şap mordanı ile boyanan numunelerin 27,2 a^* değeri ile kırmızı tonlara en yakın renk sergilediği anlaşılmıştır. b^* sarı-mavi değerine göre, ağartılarak şap mordanı ile boyanan numunelerin 15,65 b^* değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir.

Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması işlemi:

Na_2CO_3 ile konvansiyonel olarak hidrofilleştirilen numuneler daha sonra konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve en son kök boya ile Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmıştır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.3.'de gösterilmiştir. Buna göre; mordanlarla birlikte ve mordansız olarak ağartılmadan boyanan kumaşların ölçüm sonuçlarında K/S oranının yani renk verimliliğinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek verim 5,76 K/S oranı ile şap mordanı ile kumaş ağartılmadan gerçekleşen boyamada elde

edilmiştir. En düşük K/S değerinin ise ağartılmış olarak Bakır II Sülfat mordanıyla boyanan kumaş ölçümlerinden elde edildiği görülmüştür. Ağartılmış olan numunelerin doygunluğunun daha iyi olduğu, ağartılarak şap mordanı ile boyanmış kumaşın 32,36 C^* değeri ile en iyi doygunluğa sahip olduğu anlaşılmıştır. L^* açıklık-koyuluk değerlerini ele aldığımızda ise; ağartılmış olan numunelerden daha açık renkler elde edildiği, ağartılmadan Demir 2 Sülfat mordanı ile boyanan kumaşların L^* değerinin 37,52 olarak en koyu rengi verdiği görülmüştür. Elde edilen renkler Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

	Mordansız	$CuSO_4$	$SnCl_2$	$FeSO_4$	$K_2Cr_2O_7$	$KAl(SO_4)_2$
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.1. NaOH ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması ile elde edilen renkler

	Mordansız	$CuSO_4$	$SnCl_2$	$FeSO_4$	$K_2Cr_2O_7$	$KAlSO_4$
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.2. Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların kök boya ile boyanması ile elde edilen renkler

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renk tonlarının pembe-kırmızı tonlarında olduğu görülmüştür. NaOH ile hidrofilleştirilip ağartıldıktan sonra boyanan kumaşlarda gözlemlendiği gibi, Demir II Sülfat mordanı ile boyanmış numunelerden diğer tonlara göre daha farklı tonlar elde edilmiştir. Mordan kullanılmadan gerçekleştirilen boyama sonucunda da mordan kullanılarak gerçekleşen boyamalarda elde edilen tonlar yakalanmıştır. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyaması yapılan renklerin daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre, ağartılarak şap mordanı ile boyanan numunelerin 27,99 a^* değeri ile en yüksek değere sahip olduğu ve kırmızı tonlara diğer renklere nazaran daha yakın renk sergilediği anlaşılmıştır. b^* sarı-mavi değerine göre, ağartılarak şap mordanı ile boyanan numunelerin 16,24 b^* değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile de Na_2CO_3 ile de gerçekleştirildiğinde K/S değerinin ağartma işlemi olmadan boyama yapılan kumaş ölçümlerinde daha yüksek çıktığı anlaşılmıştır. Bunun sebebi ise, kumaş ağartılarak boyandığında daha açık renklerin elde edilmesi yani ağartılmadan boyama yapıldığında daha tok renklerin eldesidir. Zemin beyazlığı ağartma ile arttığından doğal boyamanın ağartılmadan boyanan kumaşlarda daha koyu olduğu görülmüştür. Her iki hidrofilleştirmede de potasyum dikromat mordanıyla yapılan boyamanın daha iyi bir K/S değeri yani renk verimi sergilediği gözlemlenmiştir.  n işleminde NaOH kullanılarak hidrofilleştirilen kumaşların ağartılıp, boyandıktan sonra yapılan ölçümlerine göre renk veriminin Na_2CO_3 kullanılabilecek kiyasla daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bunun kumaşın hidrofilitesi ile ilgili olduğu d ş n lmekte olup, NaOH ile idrofilleştirilenin daha verimli olduğu bilinmektedir. Yine her iki hidrofilleştirmede de Bakır II Sülfat mordanı kullanıldığında renk veriminin düşük olduğu anlaşılmıştır.

C^* doygunluk açısından değerlendirme yapıldığında,  n işleminde NaOH ile de Na_2CO_3 ile de hidrofilleştirilen numunelerin ağartılarak boyandığında daha iyi bir doygunluk değeri verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca her iki hidrofilleştirmede de sonrasında ağartılarak boyama yapıldıysa, numunelerden daha açık renkler elde edilmiştir. Her iki hidrofilleştirme sonrasında da ağartılarak boyanan numunelerin şap mordanı ile boyanması neticesinde daha yüksek a^* ve b^* değerleri elde edilmiştir.

➤ **Keten Kumaşların Havacıva Bitkisi ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi**

Ön terbiye işlemlerinde konvansiyonel olarak NaOH veya Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar daha sonra ağartılmış, sonra da toz halindeki havacıva bitkisiyle; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, potasyum alüminyum sülfat (şap) mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan boyama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numunelerin K/S ve CIELab ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların havacıva bitkisi ile boyanması işlemi:

Ön terbiye işleminde NaOH ile konvansiyonel yöntemle hidrofilleştirilen numuneler ardından konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve son olarak havacıva bitkisi ile Termal Marka labaratuvar tipi boyama makinesinde boyanmıştır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri, ağartılarak boyanan kumaşların ise haslıkları değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.5. ve Tablo 3.7.'de gösterilmiştir. Buna göre; mordanlarla birlikte ve mordansız olarak ağartıldıktan sonra boyanması gerçekleşen kumaşların ölçüm sonuçlarında K/S oranının yani renk verimliliğinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek verim ise 3,64 K/S oranı ile şap ile boyaması gerçekleştirilen kumaşlarda elde edilmiştir. En düşük renk verimi ise ağartılmadan Bakır II Sülfat mordanıyla boyanan kumaşların ölçüm sonuçlarında elde edilmiştir. Doygunluk sonuçlarını değerlendirdiğimizde, bazı mordanlar eşliğinde boyananlarda ağartıldığında bazı mordanlar eşliğinde boyananlarda ise ağartılmadan boyama yapıldığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. En yüksek doyguluk değeri ağartıldıktan sonra Bakır II sülfat ile boyanan numunelerde 11,13 C* değeri ile elde edilmiştir. L* açıklık-koyuluk değerleri incelendiğinde; beklenildiği gibi ağartılmış olan numunelerden daha açık renkler elde edildiği görülmüştür. En açık rengi 56,05 L* değeri ile ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numune sergilemiştir. Havacıva ile boyanmış kumaşların haslıklarını ele aldığımızda, diğer doğal boyalara nazaran daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Haslık ölçümü yapmak amacıyla gerçekleştirilen işlemlerde, havacıvanın lekeleme (kirletme) sonuçlarının çok iyi seviyede olduğu yıkama öncesinde ve sonrasındaki renk değişiminin de fazla olmadığı ve ölçümün iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Havacıva ile boyanmış kumaşlardan elde edilen renkler Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renk tonlarının mavi tonlarında olduğu görülmüştür. Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerden diğer renklerden elde edilen tonların yakalanamadığı gözlemlenmiştir. Mordan kullanılmadan gerçekleştirilen boyama sonucunda da mordan kullanılarak gerçekleşen boyamalarda elde edilen tonlar yakalanmıştır. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyaması yapılan renklerin daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre, ağartılma işlemi yapılmadan Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerin 7,67 a^* değeri ile kırmızı-yeşil ekseninde kırmızı renge yakın bir ton sergilediği anlaşılmıştır. b^* sarı-mavi değerine göre, ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerin 10,15 b^* değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir. Potasyum dikromat mordanı ile boyanan kumaşlardan diğerlerine göre yeşile daha yakın renk elde edilirken, Demir II sülfat mordanı ile boyanan kumaşlardan diğer renklere göre mavi eksenine daha yakın renkler elde edilmiştir.

Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların havacıva bitkisi ile boyanması işlemi:

Na₂CO₃ ile konvansiyonel olarak hidrofilleştirilen keten kumaş numuneleri ardından konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve sonrasında havacıva bitkisi ile Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmışlardır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.6.'da gösterilmiştir. Buna göre; mordanlarla birlikte ve mordansız olarak ağartıldıktan sonra boyanması gerçekleşen kumaşların ölçüm sonuçlarında K/S oranının yani renk verimliliğinin küçük bir orana da olsa daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek verim ise 3,9 K/S oranı ile Demir II Sülfat mordanıyla gerçekleştirilen boyamada elde edilmiştir. En düşük K/S değerinin ise ağartılmış olarak Kalay Klorür mordanıyla boyanan kumaş ölçümlerinden elde edildiği görülmüştür. Doygunluk sonuçlarını değerlendirdiğimizde bazı mordanlar

eşiliğinde boyananlarda ağartılarak boyama yapıldığında bazı mordanlar eşiliğinde boyananlarda ise ağartılmadan boyama yapıldığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. En iyi doygunluk değerinin $10,67 C^*$ olmak üzere numuneler ağartıldıktan sonra Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında elde edildiği görülmüştür. L^* açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde; tüm boyamalarda ağartılma işlemi yapıldığında açıklık oluşmadığı bazı boyalamaların ağartılmadan boyama işlemi yapıldığında daha açık renk sergilediği gözlemlenmiştir. En açık rengin $54,36 L^*$ değeri ile ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan kumaşlardan elde edildiği gözlemlenmiştir. Boyama sonucunda elde edilen renkler Şekil 4.4.'de gösterilmektedir.

	Mordansız	$CuSO_4$	$SnCl_2$	$FeSO_4$	$K_2Cr_2O_7$	$KAlSO_4$
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.3. NaOH ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların havacıva ile boyanması ile elde edilen renkler

	Mordansız	$CuSO_4$	$SnCl_2$	$FeSO_4$	$K_2Cr_2O_7$	$KAlSO_4$
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.4. Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen, H_2O_2 ile ağartılan kumaşların havacıva ile boyanması ile elde edilen renkler

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renk tonlarının mavi tonlarında olduğu görülmüştür. Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerden, boyama öncesi NaOH ile hidrofilleştirilenlerde olduğu gibi diğer renklerden elde edilen tonların yakalanamadığı gözlemlenmiştir. Mordan kullanılmadan gerçekleştirilen boyama sonucunda da mordan kullanılarak gerçekleşen boyamalarda elde edilen tonlar yakalanmıştır. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyaması yapılan renklerin daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre, ağartılma işlemi yapılmadan Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerin 7,54 a^* değeri ile kırmızı-yeşil ekseninde kırmızı renge yakın bir ton sergilediği anlaşılmıştır. b^* sarı-mavi değerine göre, ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerin 9,54 b^* değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir. Potasyum dikromat mordanı ile boyanan kumaşlardan diğerlerine göre yeşile daha yakın renk elde edilmiştir.

Sonuç olarak, hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile de Na_2CO_3 ile de gerçekleştirildiğinde K/S değerinin, ağartıldıktan sonra havacıva bitkisi ile kumaş boyaması yapıldığında daha yüksek çıktığı anlaşılmıştır. NaOH ile hidrofilleştirildikten sonra gerçekleştirilen boyamalarda şap, Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilmeden sonra gerçekleştirilen boyamalarda ise farklı olarak Demir II Sülfat mordanının boyama verimini arttırdığı gözlemlenmiştir.

C^* doygunluk ve açıklık-koyuluk değerlendirmesi yaptığımızda, farklı kimyasallarla hidrofilleştirilen kumaşların daha sonrasında ağartılarak ya da ağartılmadan boyanması halinde her mordan eşliğinde yapılan boyamanın aynı değişimi göstermediği kiminde açıklık kiminde koyuluğun arttığı gözlemlenmiştir. Her iki hidrofilleştirme sonrasında gerçekleştirilen boyamalarda da Bakır II sülfat mordanı eşliğinde boyama yapıldığında, daha yüksek a^* ve b^* değerleri elde edilmiştir.

➤ **Keten Kumaşların Portakal Ağacı Yaprağı Bitkisi ile Konvansiyonel Yöntemlerle Boyanma İşlemi**

Ön terbiye işlemlerinde konvansiyonel olarak NaOH veya Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar daha sonra konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ardından Termal Marka laboratuvar tipi boyama makinesinde toz halindeki portakal ağacı yaprağı bitkisiyle; bakır II sülfat, kalay klorür, demir II sülfat, potasyum dikromat, potasyum alüminyum sülfat (şap) mordanlarıyla ve mordan kullanılmadan boyama işlemine tabi

tutulmuştur. Daha sonra numunelerin K/S ve CIELab ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyanması işlemi:

Hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile yapılan numuneler ardından konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve sonra portakal ağacı yaprağı ile Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmıştır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri, ağartılarak boyanmış kumaşların ise haslıkları değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.8. ve Tablo 3.10.'da gösterilmiştir. Buna göre; en yüksek renk veriminin 3,4 K/S oranı ile ağartıldıktan sonra Bakır II Sülfat mordanı ile boyanan boyama işleminden elde edildiği görülmüştür. Ancak yine ağartılmış olan kumaş mordansız bir şekilde boyandığında en düşük renk verimi elde edilmiştir.

C* doygunluk değerlerini yorumladığımızda, bazı mordanlar eşliğinde boyananlarda ağartıldığında bazı mordanlar eşliğinde boyananlarda ise ağartılmadan boyama yapıldığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. En doygun rengin 26,7 C* değeri ile ağartıldıktan sonra kumaşların Bakır II sülfat mordanı ile boyanması sonucunda yapıldığında elde edildiği görülmüştür. L* açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde; tüm boyamalarda ağartılma işlemi yapıldığında açıklık oluşmadığı bazı boyalamaların ağartılmadan yapıldığında daha açık renk sergilediği yorumlanmıştır. En açık rengin 74,14 L* değeri ile ağartıldıktan sonra şap mordanı ile boyama yapıldığında elde edildiği gözlemlenmiştir.

Portakal ağacı yaprakları ile gerçekleştirilen boyama sonucunda haslık ölçümü yapıldığında; kumaşların lekeleme (kirlenme) eğilimlerinin çok fazla olmadığı gözlemlenmiş olup, renk değişimi konusunda leke bırakmama yönünden olduğu kadar iyi olmadığı kumaşlarda orta seviyede sayılabilecek renk değişimlerinin yaşandığı görülmüştür. Portakal ağacı yaprakları ile boyanan kumaşlardan elde edilen renkler Şekil 4.5.'de gösterilmektedir.

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renklerin sarı tonlarında olduğu görülmüştür. Demir sülfat mordanı ile boyanan numunelerden diğer renklerden elde edilen tonlara göre daha koyu tonlar elde edilmiştir. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyaması yapılan renklerin beklenildiği gibi daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre, tüm boyamaların yeşil renge daha yakın tonlara (eksi değerler) yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ağartıldıktan sonra Kalay klorür mordanı ile boyana numune - 2,56 a^* değeri ile yeşil eksenine en yakın sonucu vermiştir. b^* sarı-mavi değerine göre, tüm boyamaların sarı eksenine daha yakın renklere sahip olduğu görülmüştür. Ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerin 26,66 b^* değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir.

Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyanması işlemi:

Na₂CO₃ ile konvansiyonel olarak hidrofilleştirilen keten kumaş numuneleri ardından konvansiyonel yöntemle ağartılmıştır ve sonra portakal ağacı yaprağı ile Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmışlardır. Boyama işlemi hem ağartılmış numunelere hem de ağartılma işlemi görmemiş numunelere uygulanmıştır. Ağartılarak boyaması gerçekleşen ve ağartılmadan boyaması gerçekleşen numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIELab ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.9.'da gösterilmiştir. Buna göre; K/S oranı yani renk verimliliğinin bazı boyama işlemlerinde ağartılarak boyama olduğunda arttığı bazılarında ise ağartılmadan boyama gerçekleştiğinde arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek verim ise 3,14 K/S oranı ile ağartılan numunenin Bakır II Sülfat mordanı ile boyanması sonucunda elde edilmiştir. Ancak yine ağartılmış olan kumaş mordansız bir şekilde boyandığında en düşük renk verimi elde edilmiştir.

C^* doygunluk sonuçlarını değerlendirdiğimizde bazı mordanlar eşiliğinde boyananlarda ağartıldığında bazı mordanlar eşiliğinde boyananlarda ise ağartılmadan boyama yapıldığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. En doygun rengin 26,49 C^* değeri ile ağartıldıktan sonra Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında elde edildiği gözlemlenmiştir. Açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde; genel olarak ağartılma işlemi yapıldıktan sonra portakal ağacı yaprağı ile boyanan kumaşların L^* değerlerinin arttığı yani rengin açıklığının arttığı gözlemlenmiştir. En açık rengi 75,14 L^* değeri ile

ağartıldıktan sonra şap mordanı ile boyanan kumaşın sergilediği tespit edilmiştir. Elde edilen renkler Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.

	Mordansız	CuSO ₄	SnCl ₂	FeSO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	KAlSO ₄
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.5. NaOH ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı ile boyanması ile elde edilen renkler

	Mordansız	CuSO ₄	SnCl ₂	FeSO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	KAlSO ₄
Ağartılmamış Numuneler						
Ağartılmış Numuneler						

Şekil 4.6. Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen, H₂O₂ ile ağartılan kumaşların portakal ağacı yaprağı ile boyanması ile elde edilen renkler

Elde edilen renkleri değerlendirdiğimizde, renklerin sarı tonlarında olduğu görülmüştür. Demir sülfat mordanı ile boyanan numunelerden diğer renklerden elde edilen tonlara göre daha koyu tonlar elde edilmiştir. Renkler incelendiğinde ağartılarak boyanması yapılan renklerin beklenildiği gibi daha açık olduğu gözlemlenmiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre, tüm boyamaların yeşil renge daha yakın tonlara (eksi değerler) yakın

olduğu gözlemlenmiştir. Ağartıldıktan sonra şap mordanı ile boyana numune $-3,01 a^*$ değeri ile yeşil eksenine en yakın sonucu vermiştir. b^* sarı-mavi değerine göre, tüm boyamaların sarı eksenine daha yakın renklere sahip olduğu görülmüştür. Ağartılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numnelerin $26,44 b^*$ değeri ile sarı eksenine en yakın rengi sergilediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile de Na_2CO_3 ile de gerçekleştirildiğinde K/S değerinin, ağartılan kumaşlar Bakır II Sülfat mordanı ile boyanınca en yüksek verimi yine ağartılmış kumaş mordansız olarak portakal ağacı yaprağı ile boyanınca en düşük verimi verdiği anlaşılmıştır.

Doygunluk değerlendirmesi yaptığımızda, farklı kimyasallarla hidrofilleştirilen kumaşların daha sonrasında ağartılarak ya da ağartılmadan boyanması halinde her mordan eşliğinde yapılan boyamanın aynı değişimi göstermediği görülmüştür. L^* açıklık-koyuluk değeri yorumlandığında ise, Na_2CO_3 ile hidrofilleştirildikten sonra ağartılarak boyananlarda genel olarak daha açık renk oluştuğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; Keten kumaşların, farklı kimyasallarla hidrofilleştirme işlemleri gerçekleştirdikten sonra ağartılarak ve ağartılmadan farklı doğal boyalarla Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde boyanmasını genel olarak değerlendirecek olursak; en iyi renk veriminin kök boya bitkisi ile gerçekleştirilen boyamalarda alındığı görülmektedir. Kök boya bitkisi ile boyamayı ele aldığımızda ise ön işleminde NaOH ile hidrofilleştirilen kumaşların boyandıktan sonra daha iyi renk verimi sergilediği görülmüştür. Portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyanan kumaşlardan en açık tonlar elde edildiği anlaşılmaktadır.

Keten liflerinin doğal boya kaynakları ile boyanabilirlikleri çerçevesinde test edilen doğal boya kaynakları ile yapılan çalışmalar sonrasında, seçilen doğal boya kaynaklarının keten kumaşları renklendirebileceği, mordansız boyamalardan da renklendirme konusunda verim alındığı ancak farklı mordan kullanımının farklı renk eldesi sağladığı yorumlanmaktadır. Buna göre kök boya ile pembe-kırmızı tonu renkler, havacıva bitkisi ile mavi tonu renkler, portakal ağacı yaprağı ile de sarı tonundaki renklerin elde edilebildiği görüldü. Haslıklar açısından baktığımızda, en iyi yıkama haslığının havacıva bitkisi ile elde edildiği, mordan cinsinin haslıklara etki ettiği görülmüştür. Gerçekleştirilen ön işlemlerin ise, elde edilen renklerin kısmen tonlarına,

fakat ağırlıklı olarak K/S ve L^* değerlerine etki ettiği ve genelde ağartma sonucunda K/S değerinin düştüğü, boyamalar öncesinde gerçekleştirilen NaOH hidrofilleştirmesinin ise NaCO_3 hidrofilleştirmesine göre daha yüksek K/S değeri sergilediği anlaşılmıştır.

4.2. Keten Kumaşların Konvansiyonel Ön Terbiye İşlemlerinde ve Doğal Boyamacılığında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

Keten kumaş konvansiyonel olarak gerçekleştirilen ön işlemlerinde NaOH ya da Na_2CO_3 kullanılabilmektedir. Sonrasında, H_2O_2 kullanılarak konvansiyonel olarak ağartmaları da gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada konvansiyonel yöntemler çerçevesinde kullandığımız NaOH/ Na_2CO_3 ve H_2O_2 ile ultrasonik ortamda hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri test edilmiştir. Böylece ultrasonun etkisi incelenmek istenmiştir.

4.2.1. Keten Kumaşların NaOH/ Na_2CO_3 ve H_2O_2 kullanılarak gerçekleştirilen ultrasonik hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri:

Keten kumaş numunelerine ultrasonik banyo içerisinde NaOH ve NaCO_3 kullanılarak hidrofilleştirme ve H_2O_2 kullanılarak ağartma işlemleri ultrasonlu ve ultrasonlu olmayan üzere uygulanmıştır. Daha sonra kumaşların Beyazlık dereceleri ve hidrofiliteleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.11. ve Tablo 3.12.'de yer almaktadır.

Buna göre şu sonuçlar çıkartılmaktadır;

Beyazlık değişimi:

Ultrasonik banyo içinde ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen hidrofilleştirmede, Na_2CO_3 kullanılarak hidrofilleştirilen numunelerin beyazlık ölçümünün 31,64 stensby olarak NaOH ile hidrofilleştirilenlere oranla daha yüksek çıktığı, ağartıldıktan sonra ölçüm yapıldığında da yine Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilip ağartılan kumaşların beyazlık derecelerinin 43,04 stensby olarak daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, ultrasonlu ortamda soda ile hidrofilleştirme ve ağartmanın en yüksek beyazlığı verdiği anlaşılmıştır.

Ultrasonik banyo içerisinde ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen hidrofilileştirmede ise, Na_2CO_3 kullanılarak hidrofilileştirilen numunelerin beyazlık ölçümünün 28,5 stensby olarak NaOH ile hidrofilileştirilenlere kıyasla daha yüksek çıktığı, , ağartıldıktan sonra ölçüm yapıldığında da yine Na_2CO_3 ile hidrofilileştirilip ağartılan kumaşların beyazlık derecelerinin 35,09 stensby olduğu fakat NaOH ile hidrofilileştirme ve ağartmadan farklı bir sonuç vermediği anlaşılmıştır.

Sonuçlar yorumlandığında, her iki hidrofilileştirmede de beklenildiği gibi sonrasında ağartma yapıldığında beyazlığın arttığı gözlemlenmiştir. Hidrofilileştirmede hangi kimyasal kullanılırsa kullanılsın ultrason çalıştırıldığında ortaya çıkan kavitasyon etkisinin daha iyi ağartma imkanı sağladığı ve daha iyi beyazlık dereceleri elde edildiği anlaşılmıştır.

Hidrofilite:

Ultrasonik banyoda yapılan denemeler sonrasında hidrofilite sonucunu kimyasalların ve ultrason varlığının etkilediği görülmüştür. Buna göre,

NaOH kullanılarak da Na_2CO_3 kullanılarak da gerçekleştirilen hidrofilite işlemlerinde eğer ultrason varlığında çalışıldıysa belirgin şekilde hidrofilitenin olumlu yönde etkilendiği görülmüştür. Özellikle ultrason çalıştırılmadan Na_2CO_3 hidrofilileştirilmesi yapıldığında hidrofiliteden çok verimli sonuçlar elde edilmemiştir. Ultrason çalıştırıldığında ortaya çıkan kavitasyon etkisinin hidrofiliteyi arttırdığı anlaşılmaktadır. Her iki hidrofilileştirme sonrasında da H_2O_2 ile ultrasonik ortamda ağartma işlemi yapıldığında hidrofilitenin arttığı gözlemlenmiştir. Ağartma işlemlerinin hidrofiliteyi olumlu yönde etkilemesinin yanında en iyi hidrofilite değerlerine ultrason varlığında ağartma işlemleri yapıldığında ulaşılmıştır. Örnek olarak, NaOH veya Na_2CO_3 ile ön işlem gördükten sonra ultrason varlığında ağartılan numunelerden 90 sn'lik hidrofilite deneyine tabi tutulanların yükselme seviyelerinin 3,5 cm olduğu görülmüştür.

4.2.2. Keten Kumaşların Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması

Ultrasonik yöntemler çerçevesinde hidrofilileştirilmesi ve ağartılma işlemi tamamlanan numunelerin, yine ultrasonik yöntemlerle 3 farklı doğal boya ve farklı mordanlar varlığında renklendirilebilirliği araştırılmıştır.

➤ **Keten Kumaşların Kök Boya ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

Ön terbiye işlemlerinde ultrasonik yöntemle ultrasonik banyo içerisinde ultrasonlu ve ultrasonsuş olarak NaOH veya Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar daha sonra aynı sistemle ultrasonik banyo içerisinde H₂O₂ ile ağartılmıştır ardından da toz halindeki kök boya ile; farklı mordan maddeleriyle ve mordan kullanılmadan yine ultrason teknesi içinde ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan boyanmışlardır. İşlemleri tamamlanan numunelerin K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

NaOH ile hidrofilleştirilen kumaşların kök boya ile boyanması işlemi:

Ön işlem olarak NaOH aracılığıyla ultrasonik yöntemle hidrofilleştirilen numuneler ardından yine ultrasonik yöntemle ağartılmıştır ve son olarak kök boya ile ultrasonik yöntemle ultrasonlu ve ultrasonsuş olarak boyanmıştır. Numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.13.'de gösterilmiştir. Buna göre, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerleri daha iyi elde edilmiştir. En yüksek renk veriminin ise 3,72 K/S değeri ile ultrason çalıştırılırken şap mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamada elde edildiği görülmüştür. Aynı işlemler ultrasonsuş olarak yürütölüp şap mordanı ile ultrasonsuş boyama yapıldığında ise K/S değeri 1,19 olarak elde edilmiştir. En düşük renk verimi ise hem mordansız hem de ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalardan ele edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan mordansız çalışıldığında K/S değeri 1,03 iken, ultrason çalıştırılarak mordansız çalışıldığında K/S değerinin 1,95 olduğu görölmektedir. L*açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde, ultrason çalışır vaziyetteyken tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda daha koyu tonların elde edildiği anlaşılmıştır. En koyu renk ultrason çalıştırılırken 50,16 L* değeri ile Potasyum Dikromat mordanıyla yapılan boyamadan elde edilmiştir. Genel olarak ultrason çalıştırılırken yapılan boyamalarda doygunluk daha iyi sonuç vermiştir. En doygun renk 30,09 C* değeri ile ultrason çalıştırılırken şap mordanı eşliğinde boyama gerçekleştiğinde elde edilmiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden 25,02 a* değeri ile kırmızıya en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılırken de ultrason çalıştırılmadan da şap mordanı ile boyama yapıldığında sarı renge en yakın tonlar elde edilmiştir.

Ultrasonik ortamda direkt olarak bitkisel boya kaynakları ile yapılan boyamalarda, ultrasonun iki farklı etkiyi tetiklediği, bu nedenle de daha yüksek renk verimlilikleri verdiği düşünülmektedir. İlk olarak ultrason varlığı boyama esnasında toz halindeki bitkisel kaynaktan boyanın ekstraksiyonunu hızlandırmakta ve ikinci olarak da aynı anda boyanın life nüfusun kütle transferini arttırarak doğal boyamacılıkta pozitif etki yaratmaktadır.

Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen kumaşların kök boya ile boyanması işlemi:

NaOH ile yapılan çalışmaların aynısı Na₂CO₃ ile de yürütülmüş, numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.14.'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarında, NaOH ile yürütülen denemelerde olduğu gibi, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerlerinin çok daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk verimi 2,59 K/S değeri ile ultrason çalışır haldeyken şap mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamadan elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan aynı koşullarda, şap mordanı ile gerçekleştirilen boyamada K/S değeri 1,11 olarak elde edilmiştir. Örneğin mordansız boyamalarda ultrason hiç bir şekilde kullanılmadığında K/S değeri 1,06 iken ultrason varlığında 2,05 olarak ölçülmüştür. En düşük renk verimi ise hem mordansız hem de ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalardan elde edilmiştir. L*açıklık-koyuluk ölçüm sonuçlarına baktığımızda, ultrason çalışır vaziyetteyken tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda daha koyu tonların elde edildiği gözlemlenmiştir. En koyu renk ultrason çalıştırılırken 50,4 L* değeri ile Potasyum Dikromat mordanı ile yapılan boyamadan elde edilmiştir. Genel olarak ultrason çalıştırılırken yapılan boyamalarda doygunluk daha iyi sonuç vermiştir. En doygun renk 27,55 C* değeri ile ultrason çalıştırılırken şap mordanı eşliğinde boyama gerçekleştiğinde elde edilmiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden 22,62 a* değeri ile kırmızıya en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılırken de ultrason çalıştırılmadan da şap mordanı ile boyama yapıldığında sarı rengine en yakın tonlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak, birbirinden farklı kimyasallar kullanılarak sağlanan hidrofilleştirmelerde sonrasında yapılan ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamada eğer ultrason çalıştırılıyorsa renk verimliliğinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

Kavitasyon etkisinin kumaşla mordan ve boyanın etkileşime daha kolay geçmesini sağlayarak daha iyi sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Ancak NaOH ile hidrofilleştirildikten sonra ultrasonik olarak boyanan numunelerin Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilenlere göre daha etkili olduğu ve daha yüksek K/S değerleri verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca NaOH hidrofilleştirmesinde de Na_2CO_3 hidrofilleştirmesinde de işlemleri tamamlanan kumaşlarda ultrasonik banyoda yapılan boyama adımında şap mordanı kullanımından daha iyi verim elde edilmiştir. Yine NaOH ile de Na_2CO_3 ile de hidrofilleştirme işlemi yapılan kumaşların sonraki adımlarda gerçekleşen boyamalarında en koyu rengi veren mordanın ise Potasyum Dikromat olduğu görülmüştür. En doygun renk her iki hidrofilleştirme sonrası gerçekleştirilen boyamalarda da şap mordanı kullanıldığında elde edilmiştir. Ayrıca renklerin a^* değerine göre kırmızı renge, b^* değerine göre de sarı renge daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ultrasonun rengi değiştirmedığı fakat renk derinliğini etkileyecek nüansı değiştirdiği anlaşılmıştır.

➤ **Keten Kumaşların Havacıva Bitkisi ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

Ön terbiye işlemlerinde ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan ultrasonik banyo içerisinde NaOH ve Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar daha sonra ağartılmıştır ardından da toz halindeki havacıva bitkisi ile farklı mordanlar ve mordan kullanılmadan yine ultrasonik yöntemlerle ultrason teknesi içinde boyanmışlardır. İşlemleri tamamlanan numunelerin K/S ve CIEL* a^* b^* ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

NaOH ile hidrofilleştirilen kumaşların havacıva bitkisi ile boyanması işlemi:

NaOH ile ultrason banyosunda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan hidrofilleştirilen numuneler ardından yine ultrason banyosunda aynı yöntemle ağartılmıştır ve son olarak havacıva bitkisi ile ultrason teknesinde benzer yöntemle boyanmıştır. Bu işlemler ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan 2 farklı şekilde uygulanmıştır ve numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a^* b^* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.15.'de gösterilmiştir. Sonuçları değerlendirdiğimizde, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerinin çok daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk veriminin ise 2,51 K/S değeri ile ultrason çalıştırılırken Bakır II Sülfat mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamada elde edildiği görülmüştür. Ultrason çalıştırılmadan Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında K/S değeri 1,33 olarak elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen

boyamalarda genel olarak düşük verim elde edilmiştir. L^* açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde, ultrason çalışır haldeyken tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda daha koyu tonların elde edildiği anlaşılmıştır. Kalay Klorür mordanı ile ve mordan kullanılmadan ultrason çalıştırılırken yapılan boyamalardan en koyu renkler elde edilmiştir. Ayrıca ultrason çalıştırılmadan boyama yapıldığında, tüm boyamalarda doygunluk daha iyi çıkmıştır. En iyi doygunluk değerini $15,68 C^*$ ile Bakır II sülfat mordanı ile yapılan boyamalar sergilemiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden $4,53 a^*$ değeri ile kırmızıya en yakın renk elde edilmiştir. b^* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılmadan Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında sarı renge en yakın ton elde edilmiştir.

Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen kumaşların havacıya bitkisi ile boyanması işlemi:

NaOH kullanılarak yapılan çalışmalarda olduğu gibi Na_2CO_3 aracılığıyla ultrason banyosunda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan hidrofilleştirilen numuneler ardından aynı yöntemle ağartılmıştır ve son olarak havacıya bitkisi ile ultrason teknesinde boyanmıştır. Söz konusu işlemler ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan 2 şekilde uygulanmıştır ve numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a^* b^* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.16.'da gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarında, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerlerinin ultrason çalıştırılmadan yapılan boyamalara kıyasla çok daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk verimi $2,14 K/S$ değeri ile ultrason çalışır haldeyken Kalay Klorür mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamadan elde edilmiştir. Kalay klorür mordanı kullanıldığında ultrason çalıştırılmadan boyama gerçekleştiğinde K/S değeri $1,2$ olarak elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalarda genel olarak düşük verim elde edilmiştir. L^* açıklık-koyuluk ölçüm sonuçlarına baktığımızda, ultrason çalışır vaziyetteyken tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda daha koyu tonların elde edildiği gözlemlenmiştir. En koyu renk ultrason çalıştırılırken $54,94 L^*$ değeri ile Kalay Klorür mordanı ile yapılan boyamadan elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan boyama yapıldığında, tüm boyamalarda doygunluk çok daha iyi çıkmıştır. En iyi doygunluk değerini $15,01 C^*$ ile Bakır II sülfat mordanı ile yapılan boyamalar sergilemiştir. a^* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden $4,03 a^*$ değeri ile kırmızıya en yakın renk elde

edilmiştir. b^* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılmadan Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında b^* 14,76 değeri ile sarı renge en yakın ton elde edilmiştir.

Sonuç olarak, hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile de yapılırsa Na_2CO_3 ile de yapılırsa K/S renk verimi değerinin, tüm mordanlarla yapılan boyamalarda ve mordansız yapılan boyamalarda ultrason çalışır durumdayken belirgin şekilde iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ancak birbirleri içinde kıyaslama yaptığımızda NaOH ile hidrofilleştirilip ağartıldıktan sonra havacıva ile boyanan kumaşlardan bir derece daha iyi renk verimi elde edilmiştir.

Havacıva bitkisi ile ultrasonik olarak gerçekleştirilen boyamalarda iki farklı hidrofilleştirme sonrasında yapılan boyamalarda tüm mordanlarda ultrason çalıştırılmadığında daha iyi doygunluk elde edilmiştir. L^* açıklık-koyuluk değeri yorumlandığında ise, yine iki farklı hidrofilleştirmede de tüm mordanlarda da ultrason çalıştırıldığında daha koyu renkler elde edilmiştir. Ayrıca boyama adımından önce hangi kimyasalla hidrofilleştirme yapılırsa yapılsın Kalay Klorür mordanı kullanıldığında koyuluk elde edildiği gözlemlenmiştir. En doygun renk her iki hidrofilleştirme sonrası gerçekleştirilen boyamalarda da Bakır II sülfat mordanı kullanıldığında elde edilmiştir. Ayrıca kök boya ile boyama sonucunda elde edilen renkler kadar olmasa da renklerin a^* değerine göre kırmızı renge, b^* değerine göre de sarı renge daha yakın olduğu gözlemlenmiştir.

➤ **Keten Kumaşların Portakal Ağacı Yaprığı Bitkisi ile Ultrasonik Yöntemlerle Boyanması**

Ön terbiye işlemlerinde ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan ultrasonik banyo içerisinde NaOH ve Na_2CO_3 ile hidrofilleştirilen keten kumaşlar ardından aynı şekilde ultrason teknesinde ağartılmıştır son olarak da toz halindeki portakal ağacı yaprağı bitkisi ile; birbirinden farklı mordanlar ve mordansız olarak ultrasonik yöntemlerle ultrason teknesi içinde boyanmışlardır. İşlemleri tamamlanan numunelerin K/S ve CIEL* a^* b^* ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

NaOH ile hidrofilleştirilen kumaşların portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyanması işlemi:

NaOH ile ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan hidrofilleştirilen numuneler ardından yine ultrason teknesinde aynı yöntemle ağartılmıştır ve sonrasında portakal ağacı yaprağı bitkisi ile ultrasonik yöntemlerle boyanmıştır. Bu işlemler ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan 2 farklı şekilde uygulanmıştır ve numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.17.'de gösterilmiştir. Buna göre, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerinin ultrason çalıştırılmadan gerçekleşen boyamalara göre çok daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk veriminin ise 3,56 K/S değeri ile ultrason çalıştırılırken Bakır II Sülfat mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamada elde edildiği görülmüştür. Bakır II sülfat mordanı eşliğinde ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalarda K/S değerinin 2,4 olarak ultrason varlığında yapılan boyama işlemine kıyasla düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalarda genel olarak düşük verim elde edilmiştir. L* açıklık-koyuluk değerlerini incelediğimizde, ultrason çalışır haldeyken genel olarak boyamalardan daha koyu tonların elde edildiği görülmüştür. En yüksek verimin alındığı mordan olan Bakır 2 Sülfat aynı zamanda ultrason çalıştırılırken 64,76 L* değeri ile en koyu rengi de vermiştir. Ayrıca ultrason çalıştırılarak boyama yapıldığında, tüm boyamalarda daha iyi doygunluk elde edilmiştir. En iyi doygunluk değerini 31,19 C* ile Bakır II sülfat mordanı ile ultrason çalıştırılarak yapılan boyamalar sergilemiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerden -2,6 a* değeri ile yeşile en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında b* 31,08 değeri ile sarı renge en yakın ton elde edilmiştir.

Na₂CO₃ ile hidrofilleştirilen kumaşların portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyanması işlemi:

Ön işlem olarak Na₂CO₃ aracılığıyla ultrason banyosunda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan hidrofilleştirilen numuneler ardından yine ultrason banyosunda aynı şekilde ağartılmıştır ve son olarak portakal ağacı yaprağı ile ultrason banyosunda boyanmıştır. Söz konusu işlemler ultrason çalıştırılarak ve ultrason çalıştırılmadan 2

şekilde uygulanmıştır ve numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.18.'de gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerlerinin ultrason çalıştırılmadan yapılan boyamalara kıyasla çok daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk verimi 2,97 K/S değeri ile ultrason çalışır haldeyken Bakır II Sülfat mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamadan elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan Bakır II sülfat mordanı ile yapılan boyamalardan 2,25 K/S değeri elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyamalarda genel olarak düşük verim elde edilmiştir. L*açıklık-koyuluk ölçüm sonuçlarına baktığımızda, ultrason çalışır vaziyetteyken gerçekleştirilen boyamalarda genel olarak koyu tonların elde edildiği gözlemlenmiştir. En koyu renk ultrason çalıştırılırken 65,93 L* değeri ile Bakır II sülfat mordanı ile yapılan boyamadan elde edilmiştir. Ayrıca ultrason çalıştırılarak boyama yapıldığında, tüm boyamalarda daha iyi doygunluk elde edilmiştir. En iyi doygunluk değerini 29,01 C* ile Bakır II sülfat mordanı ile ultrason çalıştırılarak yapılan boyamalar sergilemiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyanan numunelerden -2,5 a* değeri ile yeşile en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılarak Bakır II sülfat mordanı ile boyama yapıldığında 28,9 b* değeri ile sarı renge en yakın ton elde edilmiştir.

Ultrasonik ortamda doğal boya kaynakları ile gerçekleştirilen boyamalarda, ultrasonun iki farklı etkenden dolayı yüksek renk verimlilikleri sergilediği düşünülmektedir. Öncelikle ultrason varlığı boyama esnasında toz halindeki bitkisel kaynaktan boyanın ekstraksiyonunu hızlandırmakta ve ikinci olarak da aynı anda boyanın life nüfusun kütle transferini arttırarak boyama verimini olumlu yönde etkilemektedir.

Sonuç olarak, hidrofilleştirilme işlemi NaOH ile de yapılırsa Na₂CO₃ ile de yapılırsa sonrasında ağartma ve boyaması tamamlanan numunelerin K/S renk verimi değerinin, tüm mordanlarla yapılan boyamalarda ve mordansız yapılan boyamalarda ultrason çalışır durumdayken belirgin şekilde iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ancak birbirleri içinde kıyaslama yaptığımızda NaOH ile hidrofilleştirilip ağartıldıktan sonra portakal ağacı yaprağı ile boyanan kumaşlardan bir derece daha iyi renk verimi elde edilmiştir.

Portakal Ağacı Yaprakları bitkisi ile ultrasonik olarak gerçekleştirilen boyamalarda ön işleminde hangi hidrofilleştirme yapılırsa yapılsın tüm mordanlarla ve mordansız olarak

yapılan boyamalarda ultrason çalışır vaziyetteyken daha iyi doygunluk elde edilmiştir. L^* açıklık-koyuluk değeri yorumlandığında ise, yine iki farklı hidrofilleştirme sonrasında gerçekleştirilen boyamalarda hangi hidrofilleştirme olursa olsun tüm mordanlarla ve mordansız olarak yapılan boyamalarda ultrason çalıştırıldığından daha koyu renkler elde edilmiştir. Ayrıca iki hidrofilleştirme sonrasında da yapılan boyama işleminde Bakır II Sülfat mordanı kullanıldığında koyuluk elde edildiği gözlemlenmiştir. Bakır II sülfat mordanının iyi iki hidrofilleştirme sonrasında yapılan boyamalarda iyi bir doygunluk sergilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca boyama sonucunda elde edilen renklerin a^* değerine göre yeşil renge, b^* değerine göre de sarı renge daha yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Ultrasonik yöntemlerle farklı ön işlemler sonucunda, farklı mordanlar ve farklı doğal boyalarla gerçekleştirilen kombinasyonları genel olarak değerlendirecek olursak;

Ultrason teknolojisi sayesinde gerçekleştirilen boyama işlemlerinde seçilen doğal boya kaynaklarının keten kumaşları renklendirebileceği, mordansız boyamalardan da renklendirme konusunda verim alındığı ancak farklı mordan kullanımının farklı renk eldesi sağladığı yorumlanmaktadır. Buna göre kök boya ile pembe-kırmızı tonu renkler, havacı bitkisi ile gri-kahverengi tonu renkler, portakal ağacı yaprağı ile de sarı tonundaki renklerin elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Ultrasonun çalıştırılarak boyamalarının yapılmasının boyamadan elde edilen renk verimini arttırdığı belirlenmiştir. Beklenildiği gibi kavitasyon etkisinin kumaşa nüfuz etmesi gereken kimyasallar ve boya açısından olumlu etki yarattığı anlaşılmaktadır. Bu durum da elde edilen renklerin verimliliğini doğal olarak artmıştır. 3 doğal boyarmaddenin üçünde de gerçekleştirilen boyama öncesinde eğer hidrofilleştirme işlemi NaOH ile yapıldıysa daha iyi verim alındığı gözlemlenmiştir. Tüm işlemlerde, en yüksek renk verimi, ön işleminde ultrasonik yöntem çerçevesinde NaOH ile hidrofilleştirme yapılmış kumaşların ultrason çalışır haldeyken şap mordanıyla gerçekleşen kök boya ile boyanması işleminden elde edilmiştir. Hidrofilleştirme işlemi ve doğal boyalar değiştikçe farklı mordanların boyamalar üzerinde farklı etki bıraktığı tespit edilmiştir.

Tüm boyamalarda hangi hidrofilleştirme gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin ultrason çalışır vaziyetteyken daha koyu renklerin elde edildiği gözlemlenmiştir. L^* açıklık-koyuluk değerine göre kök boya ile gerçekleştirilen boyamalardan daha koyu renkler

elde edilmiştir. Kök boyalarla yapılan boyamalarda ise NaOH ile hidrofilleştirme yapılanlarda Na_2CO_3 kullanılanlara göre daha koyu renkler elde edilmiştir. Koyu renk eldesinde, kök boya ile boyamada Potasyum Dikromat, havacıva bitkisi ile boyamada Kalay Klorür, portakal ağacı yaprağı bitkisi ile boyamada ise Bakır II Sülfat mordanı etkili olmuştur. Kök boya ve portakal ağacı yaprağı kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda ultrasonun çalıştırılmasının renk doygunluğa olumlu etkisi olurken, havacıva bitkisi kullanılarak yapılan boyamalarda ultrason çalıştırılmadığında daha doymuş renkler elde edilmiştir. Ultrasonun elde edilen renkleri değiştirmedeği açıklık-koyuluk değiştirdiği ve nüansı kaydardığı anlaşılmıştır. Mordanların da beklenildiği gibi renkleri değiştirdiği anlaşılmıştır.

4.3. Keten Kumaşların Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi ve Kök Boya ile Boyanmasında Ultrasonun Etkisinin Araştırılması

Bu çalışmada pektinaz enziminin ultrasonik ortamda etkinliği araştırılmak istenmiştir. İlk olarak pektinaz enzimi ile konvansiyonel ortamda optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Ardından elde edilen sonuçlar öncülüğünde, keten kumaşlar pektinaz enzimi ile ultrasonik banyoda ultrasonlu ve ultrasonsuz işlemlere tabi tutulmuştur. Sonrasında numunelerin kök boya ile ultrasonik ortamda boyanabilirlikleri araştırılmıştır.

4.3.1. Pektinaz enziminin etkinliğinin araştırılması

Pektinaz enzimi ile ultrasonik denemelere geçilmeden önce, Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesi tüplerinde, numuneler, %0, %1, %3, %5 oranlarında pektinaz enzimiyle işleme tabi tutulduktan sonra, yine Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesi tüplerinde ağartılmışlardır. Daha sonra elde edilen sonuçlar çerçevesinde optimum değerler seçilerek ultrasonik banyoda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan ultrason-enzim kombinasyonları denenmiştir. İşlemleri tamamlanan kumaşların beyazlık dereceleri ve hidrofiliteleri ölçülmüştür.

Beyazlık değişimi:

Kumaşların %0-1-3-5'lik pektinaz oranlarında işleme tabi tutulmaları sonucu elde edilen beyazlık dereceleri incelenmiştir. Hidrofilleştirme adımıyla kullanılan pektinaz

enzimi miktarının ve hidrofilleştirme süresinin elde edilen beyazlıkları çok fazla değiştirmedeği görülmüştür. Enzimatik proseste kullanılan enzim miktarının ve işlem süresinin sistematik bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Hidrofilite:

Pektinaz enzimi ile işlem gören keten kumaşların hidrofilite ölçümü sonuçları incelendiğinde, elde edilen sonuçlara göre yöntem-materyal bölümünde ifade edilen çalışma koşullarında pektinaz enzimi ile gerçekleştirilen işlemler sonucunda işlem süresinin artmasının ve pektinaz yüzdesinin artmasının hidrofilite verimliliğini olumlu yöne etkilediği gözlemlenmiştir. Örnek olarak, 60 dakika %5'lik pektinaz ile çalışıldığında kumaşın 90 sn'lik hidrofilite ölçümü diğer çalışmalardan yüksek olarak 4,5 cm elde edilmiştir. Fakat %0 pektinaz kullanımında sürenin artmasının hidrofiliteye herhangi bir etkisi olmadığı yorumlanmıştır. Boyama tüplerinde pektinazla işlem gördükten sonra ağartılan numunelerin yine aynı şekilde hidrofilite ölçümü yapılmış olup, işlem süresinin ve pektinaz yüzdesinin artmasının hidrofiliteyi olumlu yönde etkilediği anlaşılmıştır. 60 dakika %0 pektinaz ile işlem yapıldığında, ağartma öncesi hidrofilite değeri 4 cm/90 sn iken, bu değer %5 pektinaz enzimi ile 4,5 cm/90 sn'ye çıkmıştır. Aslında pektinaz enziminin ve işlem süresinin arttırılmasının hidrofilite açısından olumlu etki verdiği beklenen bir durumdur. Nitekim artan pektinaz miktarı ve işlem süresi ile pektinin daha etkili uzaklaştırılabileceği ve sonucunda hidrofilitenin artacağı aşikardır.

4.3.2. Ultrasonik Ortamda Pektinaz Enziminin Etkinliğinin Araştırılması

Pektinaz enzimi ile konvansiyonel ortamda optimizasyon çalışması gerçekleştirildikten sonra %0'lık ve %3'lük pektinazla 60 dakika boyunca ultrasonik ortamda ultrasonlu ve ultrasonuz olarak çalışılmıştır. Böylece pektinaz enziminin ultrasonik ortamdaki etkinliği incelenmiştir.

Beyazlık Değişimi:

Ultrason banyosu içerisinde pektinaz enzimi ile gerçekleştirilen işlemler değerlendirildiğinde, ultrason banyosu içinde pektinaz ile işlem gördükten sonra yine ultrason banyosunda ağartılan kumaşların beyazlık ölçüm sonuçları, ultrasonik banyoda

sadece pektinazla işlem görmüş olanlara kıyasla daha iyi çıkmıştır. Söz konusu işlemler ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan denenmiştir ultrason çalıştırıldığında da ultrason çalıştırılmadığında da pektinaz işlemi ardına yapılan ağartma işlemi daha iyi beyazlık dereceleri elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca birbirinden farklı olarak %0 ve %3'lük pektinaz kullanımı ile işlemler gerçekleştirilmiş olup, ultrason çalıştırıldığında %0, çalıştırılmadığında %3 pektinaz oranı daha iyi beyazlık sergilemiştir. Ağartılma sonuçları ölçüldüğünde ise, ultrason çalıştırıldığında %3, çalıştırılmadığında ise %0 pektinaz oranı daha iyi beyazlık sergilemiştir. 37,61 stensby beyazlık değeri ile ultrason varlığında %3'lük pektinaz ile işlem gördükten sonra ağartılan kumaş iyi bir beyazlık değeri sergilemektedir. Pektinazın %3'lük olmasının hidrofiliteyi %0 pektinaza göre olumlu etkilemesi beklenen bir durumdur. Ayrıca ultrason varlığında pektinazın daha etkili olduğu ve bu durumun sonrasında gerçekleştirilen ağartılma işlemine de olumlu etkisi olduğu yorumlanmaktadır.

Hidrofilite:

Ultrason banyosunda ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan gerçekleştirilen pektinaz işlemlerinde, %3'lük pektinaz ile işlem gören kumaşların ultrason çalıştırıldığında da çalıştırılmadığında da %0'lık pektinaza göre daha iyi hidrofilite sergilediği görülmüştür. Ancak %0'lık pektinaz da kullanılsa %3'lük de kullanılsa ultrasonun çalıştırılmasının pektinazla işlemde de ardından yapılan ağartma işleminde de oldukça olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir. En iyi hidrofilite değeri ultrason varlığında %3'lük pektinazla çalışıldığında ve ardına ağartma yapıldığında ölçülen kumaşlardan 4 cm/90 sn olarak elde edilmiştir. %3'lük pektinazın %0'lık pektinaza göre pektini kolayca uzaklaştırabildiği ve bu durumun hidrofiliteye olumlu etki yarattığı ayrıca ultrason varlığında çalışılmasının da kavitasyon etkisi sayesinde pektinaz etkisini arttırdığı düşünülmektedir.

4.3.3. Pektinaz Enzimi ile Ön Terbiyesi Gerçekleştirilen Kumaşların Ultrasonik Yöntemle Kök Boya ile Boyanması İşlemi

Keten kumaş numuneleri pektinaz enzimi ile ultrason banyosunda işlem görüp, ağartıldıktan sonra doğal boyarmaddelerden kök boya ve her boyamada kullandığımız mordanlarla ve mordansız olmak üzere ultrason banyosu içerisinde ultrasonlu ve ultrasonlu olarak boyanmıştır. Boyamalarda öncesinde %3'lük pektinaz ile işlem

gören numuneler kullanılmıştır. Daha sonra numunelerin ayrı ayrı K/S ve CIEL* a* b* ölçümleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.23.'de gösterilmiştir. Buna göre, ultrason çalıştırılarak gerçekleştirilen boyamalarda K/S yani renk verimi değerlerinin daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek renk verimi 2,92 K/S değeri ile ultrason çalışır haldeyken Kalay Klorür mordanı kullanılarak gerçekleştirilen boyamadan elde edilmiştir. Aynı durumda ultrason çalıştırılmadığında K/S değeri 1,64 olarak elde edilmiştir. L* açıklık-koyuluk ölçüm sonuçlarına baktığımızda, ultrason çalışır vaziyetteyken tüm mordanlarla ve mordansız boyamalarda daha koyu tonların elde edildiği gözlemlenmiştir. En koyu renk ultrason çalıştırılırken 49,09 L* değeri ile Kalay Klorür mordanı ile yapılan boyamadan elde edilmiştir. Ultrason çalıştırılırken yapılan boyamalarda doygunluk değerinin çok daha iyi değerlere sahip olduğu görülmüştür. En doygun rengi 28,34 C* değeri ile şap mordanı eşliğinde ultrason çalıştırılarak yapılan boyama sonucundaki numune vermiştir. Bu durum daha önce de ifade edildiği gibi ultrasonun kavitasyon enerjisinden ve kütle transferini arttırmasından ileri gelmektedir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden 24,05 a* değeri ile kırmızıya en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan şap mordanı ile yapılan boyamalar sonucunda sarı renge en yakın tonlar elde edilmiştir.

Genel olarak değerlendirme yapıldığında, pektinaz enzimi ile ultrasonik banyoda işlem gördükten sonra yine ultrason teknolojisi sayesinde kök boya ile gerçekleştirilen boyamalarda keten kumaşların renklendirebildiği, mordansız boyamalardan da renklendirme konusunda verim alındığı ancak farklı mordan kullanımının farklı renk eldesi sağladığı yorumlanmaktadır. Pektinaz enzimi ile işlem gördükten sonra kök boya ile boyanan kumaşlardan pembe-kırmızı tonu renk elde edilmiştir. Ayrıca ultrasonun çalıştırılarak boyamalarının yapılmasının beklenildiği gibi boyamadan elde edilen renk verimini arttırdığı belirlenmiştir.

4.4. Keten Kumaşların Ozon Gazı ile Ön Terbiyesinin Araştırılması

Keten kumaşların ozonla ağartılması kapsamında yürütülen çalışmalar toplamda 2 adımda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak klasik değerlendirme kapsamında kumaş nem miktarı ve nemlendirmede kullanılan suyun pH'ı ve ozonlama süresi test edilmiştir.

Sonraki adımda, ozonun ultrasonik nemlendirici ve H_2O_2 ; H_2O_2+NaOH kombinasyonu araştırılmıştır.

4.4.1. Ozonun Keten Ön Terbiyesinde Kullanılan Nem, Süre ve pH Etkisinin Araştırılması

Keten kumaş numuneleri Bölüm 3.4.'de belirtildiği gibi %0'dan %150 ye kadar pH 7'de 10 süreyle nemlendirilmişlerdir. Ardından Bölüm 2.2.4.'de verilen reçete doğrultusunda işlemler tamamlanmış ve oda sıcaklığında kuruyan kumaşların Beyazlık Dereceleri (Stensby), hidrofilite ölçümleri ve CIE $L^* a^* b^*$ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.24., Tablo 3.25. ve Tablo 3.26.'da yer almaktadır.

Buna göre, en iyi beyazlık değerinin 45,73 stensby değeri ile %40 nemlendirmede elde edildiği görülmüştür. Ayrıca nemlendirme işlemi sonucunda elde edilen beyazlık değerlerinin %0'dan %40'a doğru arttığı, %90 nem oranına kadar belirli bir değer civarında olduğu %90 nem değerinden sonra tekrar düşmeye başladığı yorumlanabilir.

L^* açıklık-koyuluk değerine göre en koyu renk %0 nemlendirme sonucunda elde edilen 57,96 L^* olurken, en açık renk ise beklenildiği gibi en iyi ağartmanın elde edildiği %40 nemlendirme sonucunda 72,55 L^* olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla en yüksek beyazlığın ve en etkili ozonlamanın %40 nemle ozonlama olduğu anlaşılmıştır. Nitekim ozonlamada, kumaş nem miktarının önemli olduğu önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Hidrofilite ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, farklı nem oranlarında nemlendirililerek gerçekleştirilen ozonlama işlemlerinin hidrofiliteler üzerinde sistematik bir etki yaratmadığı ve yükselme seviyelerinin ortalama olarak 3 cm'e kadar ilerlediği gözlemlenmiştir.

Ayrıca keten kumaş numuneleri optimum değer olarak seçilen %40 nemlendirme oranına bağlı olarak, farklı pH'larda süreler aynı olacak şekilde, farklı sürelerde pH'lar aynı olacak şekilde %40 nem ile de ozonlama işlemine tabi tutulmuşlardır. İşlemler tamamlandıktan sonra Beyazlık Dereceleri (Stensby) ve CIELab ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.27. ve Tablo 3.28.'de yer almaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre, pH 7'de 1 dakika çalışıldığında 35,32 stensby beyazlık değeri, pH 7'de 5 dakika çalışıldığında 40,61 stensby beyazlık değeri, pH 4'de 10 dakika çalışıldığında 45,5 stensby beyazlık değeri ve son olarak pH 4'de 10 dakika çalışıldığında 45,8

stensby beyazlık değeri elde edilmiştir. 10 dakika sürelik çalışmalarda görüldüğü gibi, ozon tekniği ile çalışma süresi arttıkça beyazlığın arttığı anlaşılmaktadır. CIELab değerini incelendiğinde, L^* açıklık-koyuluk değerine göre en açık renk değeri beklenildiği gibi 69,99 L^* ile pH 4’de 10’ süre ile çalışıldığında elde edilmiştir. Ayrıca pH 7’de en düşük süre olan 1 dakika ile çalışıldığında en düşük L^* değeri yani en koyu renk elde edilmiştir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, ozonlama süresinin artmasının ozon teknolojisinden faydalanırken olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışılan pH değerlerine göre kıyaslama yapıldığından asidik çalışmanın ozonlama işlemi gerçekleştirilirken daha etkili olduğu söylenebilir. Ancak çalışma süresinin, pH değerine göre daha etkili bir değişken olduğu gözlemlenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi optimum sonucun pH 7’de 10 dakika sürede %40 nem varlığında çalışırken sağlandığı anlaşılmıştır.

4.4.2. Ozonun Ultrasonik Nemlendirici; H_2O_2 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile Kombinasyonu

Çalışmada, Bölüm 2.2.4.’de belirtildiği gibi klasik ozon kullanımına alternatif olabilecek çalışmalar da yapılmıştır. Bu amaçla, keten kumaş numuneleri, ultrasonik nemlendirme cihazı ile nemlendirilirken aynı zamanda ozon gazı ile ön işleme tabi tutulmuştur. İşlemlerde sadece su içeren, sadece H_2O_2 içeren, $H_2O_2 + NaOH$ içeren ultrasonik nemlendirici ile kombinasyon çalışmaları 1, 3, 5 ve 10 dakikalık olmak üzere test edilmiştir. Ayrıca işlemler hem emdirme gerçekleştirilmeden kuru şekilde numunelere uygulanmış hem de %40 nem almış numunelere uygulanmıştır. Ozonlama işleminin ardından kumaşlar 45°C suda 5 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuş ve ardından oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numunelerin beyazlık dereceleri, hidrofilite ve CIE L^* a^* b^* değerleri ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre;

Nemlendirme yapılmadan sadece su ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören kumaşların içerisinde en iyi beyazlık derecesinin 34,2 stensby değeri ile 10 dakikalık ozonlama süresinde işlem yapıldığında edildiği görülmüştür. Bunun doğal sonucu olarak en açık renk aynı numuneden 59,49 L^* değeri ile elde edilmiştir. C^* doygunluk değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Nemlendirme yapılmadan sadece H_2O_2 ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören kumaşlarda, 32,48 stensby beyazlık derecesi ile en iyi beyazlık dereceleri 10 dakikalık ozonlama işlemi gerçekleştirildiğinde elde edilmiştir. Beyazlık derecelerinin birbirine yakın olmasından dolayı beklenildiği gibi L^* açıklık-koyuluk değerleri de yakın sonuçlar vermiştir. C^* doygunluk değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Nemlendirme yapılmadan H_2O_2+NaOH ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören numunlerde ise, 10 dakikalık ozonlama işlemlerinde 30,13 stensby olarak diğer ozonlama süresindeki çalışmalara kıyasla daha iyi beyazlık dereceleri elde edilmiştir. En iyi beyazlık derecesine sahip olan kumaşın beklenildiği gibi 57,36 L^* değeri ile en açık rengi sergilediği gözlemlenmiştir.

%40 nemlendirme sonrası sadece su ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören kumaşların içerisinde en iyi beyazlık derecesinin 45,01 stensby değeri ile 10 dakikalık ozonlama süresinde işlem yapıldığında edildiği görülmüştür. Bunun doğal sonucu olarak en açık renk aynı numuneden 68,42 L^* değeri ile elde edilmiştir. En doymuş rengin 10,85 C^* değeri ile 1 dakikalık yıkama sonucunda elde edildiği gözlemlenmiştir.

%40 nemlendirme sonrası sadece H_2O_2 ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören kumaşlarda, 46,08 stensby beyazlık derecesi ile en iyi beyazlık derecesi 10 dakikalık ozonlama işlemi gerçekleştirildiğinde elde edilmiştir. L^* değerine göre en yüksek değerin yani en açık rengin 69,14 ile 10 dakikalık ozonlama işlemi neticesinde elde edildiği anlaşılmıştır. 10,67 C^* doygunluk değeri ile en doymuş rengin 1 dakikalık boyamadan elde edildiği gözlemlenmiştir.

%40 nemlendirme sonrası H_2O_2+NaOH ile ultrasonik nemlendirici ve ozon varlığında işlem gören numunlerde ise, 10 dakikalık ozonlama işlemlerinde 44,33 stensby olarak diğer ozonlama süresindeki çalışmalara kıyasla çok daha iyi beyazlık dereceleri elde edilmiştir. En iyi beyazlık derecesine sahip olan kumaşın beklenildiği gibi 68,5 L^* değeri ile en açık rengi sergilediği gözlemlenmiştir. En doymuş rengin ise, 10,76 C^* değeri ile 3 dakikalık ozonlama işleminden elde edildiği görülmüştür.

Ultrasonik nemlendirici ile gerçekleştirilen ozon kombinasyon çalışmaları değerlendirildiğinde, ozonlama süresinin beyazlık derecelerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Nemlendirmede kullanılan çözeltilerin farklı olmasının farklı sonuçlar doğurduğu anlaşılmıştır. %40 nemlendirme sağlayarak yapılan kombinasyon çalışmalarından oldukça iyi sonuçlar elde edilmesinin yanı sıra kuru numunelere de kombinasyon uygulaması yapıldığında istenilen sonuçlar alınabildiği gözlemlenmiştir. En iyi beyazlık dereceleri sadece H_2O_2 ile ultrasonik nemlendirici ve ozon kombinasyonu gerçekleştirildiğinde elde edilmiştir. En iyi beyazlık derecesini veren sadece H_2O_2 ile ultrasonik nemlendirici ve ozon kombinasyonu çalışması sonucunda kumaşlardan beklenildiği gibi en açık renk elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen kombinasyon çalışmaları neticesinde, hidrofilite ölçümleri yapılan kumaşların farklı ozonlama sürelerine tabi tutulmasının yükselme seviyeleri üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Ancak %40 nemlendirme işlemi yapılarak ultrasonik nemlendirici ozon kombinasyonu ile işleme alınan kumaşların nemlendirme işlemi yapılmadan kombinasyon işlemine tabi tutulanlara oranla daha iyi hidrofilitelere sahip olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu kombinasyon çalışmaları sonucunda kumaşların ağartılma işlemlerinin gerçekleştirilebildiği farklı çözeltilerin kullanılabileceği ve bu yöntemlerin klasik ozon uygulamalarına alternatif oluşturabileceği gözlemlenmiştir.

Ayrıca ozonlanmış kumaşların ultrasonik banyo içerisinde boyanabilirliğiyle ilgili de çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla, pH 7'de %40 nemlendirme ile 10 dakika süreyle ozonlama işlemine tabi tutulan keten kumaş numuneleri yıkama/durulama işleminden sonra oda sıcaklığı altında kurumaya bırakılmış ve ultrasonik yöntemle kök boya varlığında ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan boyanmışlardır. İşlemleri tamamlanan numunelerin, K/S ve CIEL* a* b* değerleri ölçülmüş ve Tablo 3.41'de gösterilmiştir. Buna göre, En yüksek renk verimi 3,05 K/S değeri ile ultrason çalışır haldeyken şap mordanı ile çalışıldığında elde edilmiştir. Bu değer ultrason çalıştırılmadığında 1,15 K/S olarak ölçülmüştür. L* açıklık-koyuluk değerine göre ultrason çalıştırıldığında yapılan boyamalardan daha koyu renkler elde edilmiştir. En koyu renk 48,44 L* değeri ile Potasyum Dikromat mordanı kullanıldığında ultrason çalıştırılırken boyama yapıldığında elde edilmiştir. Bu değer Potasyum Dikromat mordanı ile ultrason çalıştırılmadan çalışıldığında 59,86 L* olarak elde edilmiştir. Ayrıca tüm boyamalarda ultrason çalıştırılmadığında doygunluk değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. En doygun

rengin 28,2 C* değeri ile ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyama yapıldığında elde edildiği görülmüştür. Boyamalardan pembe-kırmızı tonlarında renkler elde edilmiştir. a* kırmızı-yeşil değerine göre ultrason çalıştırılarak şap mordanı ile boyanan numunelerden 23,32 a* değeri ile kırmızıya en yakın renk elde edilmiştir. b* sarı-mavi değerine göre ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan şap mordanı ile yapılan boyamalar sonucunda sarı renge en yakın tonlar elde edilmiştir.

Özetle ultrason varlığında, kavitasyon ve artan kütle transferi ile hem bitkisel kaynaktan boya ekstraksiyonu daha verimli gerçekleşmiş hem de boyanın life nüfusu daha etkili sağlanmıştır.

4.5. Genel Sonuç ve Öneriler

Deney çalışması boyunca, hem konvansiyonel yöntemlerle ön terbiye ve boyama işlemleri hem de alternatif oluşturabilecek yöntemlerle ön terbiye ve boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

İlk çalışmada tüm işlemler konvansiyonel yöntemle olmak üzere; ilk olarak NaOH ve Na₂CO₃ ile hidrofilleştirme işlemleri yapılmıştır. Ardından ağartma işlemi, son olarak da doğal boya kaynaklarımız olan kök boya, havacıva ve portakal ağacı yaprağı ile boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. İşlemler sonunda değerlendirmelerimize yol gösterecek ölçümler yapılmıştır.

Bir sonraki çalışmada, alternatif yöntem olarak ultrason teknolojisinden faydalanılmıştır. Tüm işlemler ultrason banyosu içerisinde ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan uygulanmak üzere; ilk olarak NaOH ve Na₂CO₃ ile hidrofilleştirme işlemleri yapılmıştır. Ardından H₂O₂ ile ağartma işlemi, son olarak da doğal boya kaynaklarımız olan kök boya, havacıva ve portakal ağacı yaprağı ile boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. İşlemler tamamlandıktan sonra gerekli değerlendirmeleri yapmak için ölçümler yapılmıştır.

Bir diğer çalışmada, pektinaz enzimi ile ultrason teknolojisinden faydalanarak işlemler yapılmıştır. İlk olarak pektinaz ile ultrason banyosu içerisinde ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan işlemler gerçekleştirilmiş, ardından ön işlemi tamamlanan kumaşlar ultrasonik banyoda yine ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan kök boya ile boyanmışlardır. İşlemler sonunda gerekli ölçümler yapılmıştır.

Son olarak alternatif ön terbiye işlemi olarak ozon teknolojisi ile çalışılmıştır. Çalışmada farklı nem oranları uygulanarak farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca ultrasonik nemlendirme cihazı ile ozon kombinasyonları denenmiştir. Sonrasında gerçekleştirilen söz konusu numunelerin boyamaları ultrasonik banyoda kök boya doğal boyarmaddesi ile gerçekleştirilmiştir. İşlemler sonunda gerekli ölçümler yapılmıştır.

Ayrıca çalışmalar sonucunda, ağartılmış olan numunelerin mukavemet ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde mukavemet tayini yapmak için kullanılan çekme testi ünitesinde iki çene arası 75 mm olarak ayarlanmış, kumaşlardan koparılan sabit uzunlukta iplikler üniteye yerleştirilerek 75 mm/dk test hızı süresi içerisinde kopma uzamaları ölçülmüştür. Bir numune üzerinde 3 farklı ölçüm yapılmış ve ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir. Ölçümleri yapılan kumaşlar; ham kumaş, Termal marka labaratuvar tipi boyama makinesinde NaOH veya Na_2CO_3 ile işlem gördükten sonra ağartılmış olan kumaşlar, ultrason teknesinde ultrason varlığında ve yokluğunda NaOH veya Na_2CO_3 ile işlem gördükten sonra yine ultrasonik yöntemle ultrason varlığında ve yokluğunda ağartılan kumaşlar, %3'lük pektinaz ile ultrason varlığında ve yokluğunda işlem gördükten sonra yine ultrason varlığında ve yokluğunda ağartılan kumaşlar ve klasik ozon uygulamaları kapsamında %40 nem ile ozonlama işlemi sonucunda ağartılan kumaşlar olarak sayılabilir. Elde edilen değerlerin ortalamaları Tablo 4.1.'de gösterilmektedir.

Tabo 4.1. Ağartılmış kumaşların mukavemet ölçüm sonuçları

		Kuvvet (N)	Kopma Uzaması(mm)
Ham Kumaş		15,66	5,22
Tüplerde işlem görmüş	NaOH	17,36	3,83
	Na_2CO_3	17,36	4,37
Ultrason teknesinde ultrasonlu işlem görmüş	NaOH	17,2	4,25
	Na_2CO_3	15,83	3,71
Ultrason teknesinde ultrasonsuz işlem görmüş	NaOH	17,13	4,05
	Na_2CO_3	18	5,08
Ultrason teknesinde ultrasonlu işlem görmüş	% 3'lük Pektinaz	15,73	3,77
Ultrason teknesinde ultrasonsuz işlem görmüş	% 3'lük Pektinaz	16,5	4,95
Ozon Gazı ile işlem görmüş	%40 nem	19,10	3,88

Tablo 4.1.'deki sonuçları yorumlayacak olursak; ham keten kumaşa en düşük kuvvet uygulandığında en büyük uzamayı göstererek koptuğu yorumlanabilir. İşleme tabi tutulan kumaşların ham kumaşa nazaran daha yüksek kuvvetlerde koptuğu anlaşılmıştır. Tez çalışması boyunca uygulanan farklı ağartma işlemlerinin keten kumaşa fazla zarar vermediği ve mukavemetlerin genel anlamda artış gösterdiği yorumlanmaktadır.

Konvansiyonel yöntemlerle gerçekleştirilen çalışmalarda, NaOH ve Na₂CO₃ ile hidrofilleştirme sonucunda beklenildiği gibi iyi hidrofilite sonuçları elde edilmiştir. Yine konvansiyonel yöntemle gerçekleştirilen ağartma işlemlerinde istenilen beyazlık dereceleri elde edilmiştir. Konvansiyonel ön terbiye işlemlerinden sonra Termal marka laboratuvar tipi boyama makinesinde gerçekleştirilen boyama işlemlerinde, kullanılan doğal boyarmaddelerden istenilen renk ve verimin elde edildiği görülmüştür. Dolayısıyla bitkisel kaynakların renklendirmede kullanılabilecekleri tespit edilmiştir.

Alternatif bir terbiye yöntemi olan ultrason teknolojisinin kullanıldığı terbiye işlemlerinde de başarılı sonuçların elde edildiği görülmüştür. NaOH ve Na₂CO₃ ile ultrason banyosunda gerçekleştirilen hidrofilleştirme işlemlerinin, kumaş üzerinde istenilen hidrofiliteyi sağladığı anlaşılmıştır. Aynı şekilde ultrason banyosunda gerçekleştirilen ağartma işleminde yeterli verimin alındığı gözlemlenmiştir. Ultrasonik teknolojiye dayanarak ultrason çalıştırılarak ve çalıştırılmadan gerçekleştirilen boyama işlemlerinde, konvansiyonel yöntemlerle boyama sonucunda elde edilen renklerle aynı tonlardaki renklerin elde edilebildiği görülmüştür. Tüm bu işlemler gerçekleştirilirken ultrasonik uygulamalarda ultrasonun çalıştırılmasının çok önemli bir avantaj sağladığı ve konvansiyonel yöntemlerden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir.

Pektinaz enzimi ile ultrason teknolojisinden faydalanılarak gerçekleştirilen işlemler sonucunda iyi beyazlık dereceleri ve oldukça iyi hidrofilite değerlerinin elde edildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca pektinazla işlem gördükten sonra ultrasonik yöntemlerle kök boya ile boyanan kumaşların istenilen renklerin elde edilmesini sağladığı ve diğer yöntemlerle gerçekleştirilen kök boya ile boyama işlemlerinde olduğu kadar renk verimi sağlanabildiği gözlemlenmiştir.

Alternatif yöntem olarak değerlendirdiğimiz bir diğer ön terbiye işlemi olan ozonlama tekniği ile de ultrasonik nemlendirme cihazı ve ozon komninyasyonları tekniği ile de

farklı nem değerlerinde kumaşların istenilen şekillerde ağartılabildiği ve konvansiyonel yöntemlerdeki ağartmalar kadar başarılı beyazlık dereceleri elde edilebildiği görülmüştür. Ultrasonik nemlendirici ile kombinasyonda ise, önceden su ile emdirmeye gerek kalmadan çalışılabileceği bulunmuştur. Bunun yanısıra H_2O_2 çözeltisi ile nemlendirme yapıldığında sonuçların geliştiği tespit edilmiştir. Ayrıca ozonlama sonrasında doğal boyalarla renklendirme yapılabileceği de tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar, keten kumaşların alternatif terbiye yöntemleri ile işlemlere tabi tutulmasının sürdürülebilir üretim sağladığını, keten kumaşlar için alışlagelmiş olan konvansiyonel yöntemlerle yapılan terbiye işlemlerinden beklenen sonucun alternatif yöntemler tarafından da sağlanabildiğini, istenildiğinde gerek ön terbiye işlemleri gerekse boyama işlemlerinin ultrason ya da ozon tekniği kullanılarak da gerçekleştirilebildiğini göstermiştir. Pektinaz enziminin ultrason teknolojisi ile birlikte kullanıldığında istenilen ön işlem sonuçlarının elde edilmesini sağladığı anlaşılmıştır. Ayrıca kullanılan doğal boyaların beklenen renkleri kullanılan tüm yöntemlerde sağladığı gözlemlenmiştir.

Keten kumaşlar için birden fazla terbiye yönteminin kullanılabilecek olması avantaj oluşturmakla beraber, alternatif yöntemlerin çevre için daha sağlıklı olması, enerji tasarrufu sağlaması ve daha az su tüketimi ile gerçekleştirilebilme imkanı bu yöntemleri cazip kılmaktadır. Daha sonraki çalışmalarda diğer lifler için de alternatif yöntemlerin uygulanabilirliğinin araştırılması ve farklı doğal boyaların bu çalışmalarda denenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Babaoğlu, M., Şener A., Öztop, H., 2010. Tekstil Lifleri, Temel Özellikler, Kullanım ve Bakım. Gazi Kitabevi, Ankara 337 s.
2. Wulfhorst, B., 2003. Tekstil Üretim Yöntemleri (Tercüme: Ali Demir-Ahmet Refah Torun). Şan Ofset, İstanbul, 336 s.
3. Başer, İ., 2002. Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yayın No:21. İstanbul, 179 s.
4. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2014. Tekstil Teknolojisi, Doğal Lifler. Ankara, 87 s.
5. Hadj Taieb, A., Msahli, S., Sakli F., 2010. **Journal of natural fibers. Taylor & Francis 7, 251**
6. Şevkan, A., 2010. Keten ve Pamuk Karışımlarının Ring Ve Open-End İplikçiliklerinde Eğrilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 206 s.
7. Yıldırım, M. U., 2005. Seçilmiş Alternatif Keten (*Linum usitatissimum* L.) Hatlarının Verim ve Verim Öğeleri Bakımından Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 95 s.
8. Needles, H. L., 1986. Textile Fibers, Dyes, Finishes And Processes. William Andrew 243 s.
9. Özdemir, S., Tekoğlu, O., 2012. Ekolojik Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Hammaddeler, 27-30. *1. Uluslararası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu*, Ekim 2012, Antalya.
10. <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=2330> (Erişim Tarihi: Ocak 2019)
11. Yeğin, M., 2014. Farklı Kumaş Kalitelerindeki Baskı Tekniklerinin Modaya Etkileri.Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul, 155 s.
12. Aktaş, M. Ö., 2008. Keten ve Keten/Selülozik Elyaf Karışımlarının Reaktif, Direkt ve Kükürt Boyarmadde İle Boyanması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 131 s.

13. Körlü, A. E., Bozacı, E. G., 2006. Ketenin Genel Özellikleri Ve Havuzlanması. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **1**: 276-280.
14. Anonim, 2007. MEGEP, Giyim Üretim Teknolojisi, Tekstil Lifleri. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 52 s.
15. <https://www.derstekstil.name.tr/dogal-lifler/bitkisel-lifler/keten-elyafi.html>
(Erişim Tarihi: Aralık 2018)
16. Ahmed, N. S. E., El-Shistavy, R.M., Kamel, M.M., 2007. Ultrasound assisted pre-treatment and dyeing of linen fibers with reactive dyes. **Pigment Resin Technol.** **36**: 363-372.
17. Bhattacharya S.D., Shah J.N., 2004. Enzymatic Treatments of Flax Fabric. **Textile Research Journal**, **74(7)**: 622-628.
18. Fakin, D., Golob, V., Kleinschek, K.S., 2006 Sorption properties of lax fibers depending on pretreatment processes and their environmental impact. **Textile Research Journal** **76**: 448-453.
19. Sancar, B., Paksoy, N., Balci, O., Kurtoğlu, N., 2012. Pamuklu dokuma kumaşların boyamaya hazırlık işlemlerinde enzim kullanım olanaklarının incelenmesi ve kombine proses geliştirilmesi. **Tekstil ve Mühendis**, **19(86)**: 7-13.
20. Benli, H., 2015. Selüloz Esaslı Tekstil Materyalleri İçin Çevre Dostu Terbiye Proseslerinin Oluşturulması: Yeşil Fabrika. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri, 264 s.
21. Davulcu, A., 2008. Pamuklu Kumaşların Ön Terbiye Proseslerinin Enzimatik Yöntemlerle Kombine Edilmesi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bursa, 160 s.
22. 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.
23. Duran, K., Bozacı, E., Karahan, H.A., 2007. Protein esaslı mamüllerin enzimatik ön terbiyesi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **17(3)**: 187-192.

24. Jenkins, R. O., 2003. Enzymes, pp. 1-40. *In: Textile Processing with Enzymes*, (Eds. A. C. Paulo, G. M. Gübitz). Woodhead publishing Ltd., CRC Press, Boca Raton.
25. Aly, A.S., Moustafa, A.B., Hebeish, A., 2004. Bio-Technological treatment of cellulosic textiles. **Journal of Cleaner Production**, **12**: 697-705.
26. Mehraj Pasha, K., Anuradha, P., Subbarao D., 2013. Applications of pectinases in industrial sector. **International Journal Pure and Applied Sciences and Technology**, **16** (1): 89-95.
27. Hoondal, G.S., Tiwari, R.P., Tewari, R., Dahiya, N., Beg, Q.K., 2002. Microbial alkaline pectinases and their industrial applications. **Appl Microbiol Biotechnol**, **59**: 409-418.
28. Bahtiyari, M.İ., 2009. Çevre Dostu Yeni Yöntemlerin Tekstil Ön Terbiyesindeki Bazı Kullanım Alanlarının Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 242 s.
29. Sarıışık, M., 2001. Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:286. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 190 s.
30. Perinçek, S., 2014. Selülozik Liflerin Ve Yeni Nesil Liflerin Ön Terbiye İşlemlerinde Çevre Dostu Yeni Yöntem ve Teknolojilerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 220 s.
31. Suslick, K.S., 1989. The chemical effects of ultrasound. **Scientific American**, 80-86.
32. Vajnhandl, S., Le Marechal, A.M., 2005. Ultrasound in textile dyeing and decolouration/mineralization of textile dyes. **Dyes and Pigments**, **65**: 89-101.
33. Duran, K., Bahtiyar, M.İ., Ekmekçi, Körlü A., Dereli, S., Özdemir, D., 2006. Ultrason Teknolojisi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **16**(3): 155-158.
34. <http://www.fizik.net.tr/site/ses-ve-ozellikleri/> (Erişim Tarihi: Mart 2019)

35. Koivula, T., 2000. On Cavitation in Fluid Power, Tampere University of Technology, Institute of Hydraulics and Automation, PhD Thesis, Tampere, 371-382.
36. Mohalkar, V.S., Nierstasz, V.A., Warmoeskerken, M.M.C.G., 2003. Intensification of mass transfer in wet textile processes by power ultrasound. **AUTEX Research Journal**, 3 (3): 130-138.
37. Duran, K., Perinçek, D.S., Ekmekçi Körlü, A., Bahtiyari, M.İ., 2007. Ultrason Teknolojisinin Tekstilde Kullanım Olanakları. **Tekstil ve Konfeksiyon**, 17(3): 162-166 s.
38. Polat, S., 2013. Katyonik Ağartma Aktivatörü Kullanarak Hidrojen Peroksit Ağartmasının Pamuklu Örme Kumaşlar İçin Optimize Edilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 74 s.
39. 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.
40. Perinçek S., Duran K., Körlü A., Bahtiyari M.İ., 2009. Tekstil terbiye işlemleri sırasında ultrason cihazı ile çalışmada işlem verimliliğine etki edebilecek faktörlerin incelenmesi. **Tekstil ve Konfeksiyon**, 1: 70-76.
41. 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.
42. Gülümser, T., Akca, C., Bahtiyari, M.İ., 2009. Yün terbiyesinde ozonla işlemin beyazlık derecesine etkisinin araştırılması. **Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi**, 1: 52-55.
43. Streng A.G. 1961. Tables of Ozone Properties. **Journal Of Chemical and Engineering Data**, 6(3): 431-436
44. 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.

45. <http://www.opalsu.com.tr/ozon.php?ozon=ozonuretimi&menu=ozonmenu>
(Erişim Tarihi: Ocak 2019).
46. <http://ww2valdosta.edu/tmanning/research/ozone/intro.html> (Erişim Tarihi: Nisan 2019)
47. Erdem, A., 2016. Hidrofil Pamuk Üretiminde Alternatif Yöntemlerin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 88 s.
48. Perincek, S.D., 2006. Ozon, UV, Ultrason Teknolojileri ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye işlemlerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 220 s.
49. 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.
50. Öztürk, D., Eren, H. A., 2010. Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, **15** (2): 37-51.
51. Rakovksy, S., Anachkov, M., Zaikov, G., 2009. Fields of Ozone Applications. **Chemistry & Chemical Technology**, **3**(2): 139-161.
52. Benli, H., Bahtiyari, M. İ., 2015. Combination of ozone and ultrasound in pretreatment cotton fabrics prior to natural dyeing. **Journal of Cleaner Production**, **89**: 116-124.
53. Yurdakul, A. , Atav, R., 2006 Boya Baskı Esasları. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, 148 s.
54. Çoban, S. ,1999. Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi, İzmir, 314 s.
55. 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
56. Karadağ, R., 2007. Doğal Boyamacılık. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Dösim, Ankara. 128 s.

57. Agarwal, R., Pruthi, N., Singh, S. J. S., 2007. Effect of mordants on printing with marigold flowers dye. **Natural Product Radiance**, **6** (4): 306-309.
58. Samanta, K. A., Konar, A., 2011. Natural Dye from Eucalyptus Leaves and Applications for Wool Fabric Dyeing by Using Padding Techniques, pp. 57-78. In: Natural Dyes (Eds: E. P. A., Kumbasar). In Tech, Croatia.
59. Samanta, K. A., Agarwal, P., 2009. Application of natural dyes on textiles. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, **34**: 384-399.
60. Tutak, M., Acar, G., Akman, O., 2014. Nane (mentha spicata l.) ve kekik (thymus vulgaris l.) bitkileri kullanarak yün lifinin doğal boyanması. **Tekstil ve Mühendis**, **21** (93): 18-23.
61. Chavan, R. B., 2001. Environment friendly dyeing processes for cotton. **Indian Journal of Fiber & Textile Research**, **26**: 93-100.
62. Ali, S., Nisar, N., Hussain, T. 2007. Dyeing properties of natural dyes extracted from eucalyptus. **Journal of the Textile Institute**, **98** (6):559-562.
63. Yılmaz, F., 2015. Doğal Boyaların Metamerik Özelliklerinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 92 s.
64. <http://www.tcfdatau.org/tr/> (Erişim Tarihi: Şubat 2019)
65. Siva, R. 2007. Status of natural dyes and dye yielding plants in India, **Current Science**, **92** (7): 916-925.
66. Bechtold, T., Mussak, R., 2009. Natural colorants in textile dyeing, pp. 315-335. In: Handbook of Natural Colorants (Eds: T. Bechtold, R. Mussak). John Wiley and Sons, Ltd., United Kingdom
67. Samanta, K. A., Konar, A., 2011. Dyeing of textiles with natural dyes, pp. 29-56. In: Natural Dyes (Eds: E. P. A., Kumbasar). In Tech, Croatia.
68. Tutak, M., Benli, H., 2008. Bazı Bitkilerden Elde Edilen Doğal Boyarmaddelerin Yünü Boyama Özelliğinin İncelenmesi. **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **10**(2): 53-59.
69. Baykara, T., 1964. Kökboya, **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi**, **7** (14): 221-226.

70. Şanlı, H. S., Çatalkaya, Gök, E., 2017. **Bitkisel Boyacılıkta Kök Boyanın Önemi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10 (48): 772-778.**
71. Canikli, N., 1989. Kök Boyadan Elde Edilen Renkler ve Bu Renklerin Yün Halı İplikleri Üzerindeki Işık ve Sürtünme Haslıkları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 66 s.
72. Önem, E., 2009. Kök Boyanın Deri Boyamada Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 60 s.
73. Akan, M., 2007. Uygun Renk, Işık Ve Sürtünme Haslığı Değerlerine Sahip Bitkisel Boyalarla Boyanmış İlmelik Yün Halı İpliklerinde En Az Kopma Mukavemeti Kaybına Yönelik Boyama Yönteminin Geliştirilmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 164 s.
74. Kayabaşı, N., Şanlı, S. H., Etikan, S., 1999. Havaciva (*Alkanna tinctoria* (L.) Tausch) ve labada (*Rumex conglomeratus* Murr.) bitkilerinden elde edilen renkler ve bu renklerin ışık ve sürtünme haslıkları üzerinde bir araştırma. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bitkileri Dergisi, 10(1): 7-10.**
75. <http://www.sifalibitkileriniz.com/sifali-bitkiler/h/hava-civa-otu-ve-faydalari.html> (Erişim Tarihi: Nisan 2019)
76. Erdemir, D. A., 2002. Şifalı Bitkiler Doğal İlaçlarla Geleneksel Tedaviler. Alfa Yayınları, Bursa, 599 s.
77. Baytop, T., 1999. Türkiye’de Bitkiler İle Tedavi. **Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2:480.**
78. <https://pxhere.com/tr/photo/1021986> (Erişim Tarihi: Nisan 2019)
79. Tanker, N., Koyuncu, M., Çoşkun, M., 2007. Farmasötik Botanik, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ankara, 434 s.
80. Pervez, N., Inamdar, U. Y., Talukder, E., Mahmud, S., Habib, A., Kamruzzaman, Cai, Y., 2017. Eco-friendly coloration of linen to ameliorate its practical approach, 1-4 s. *MATEC Web of Conferences, ICMA.*

81. Sheikh, J., Singh, N., Srivastava, M., 2019. Functional dyeing of cellulose-based (linen) fabric using bombax ceiba (kapok) flower extract. **Fibers and Polymers**, **20** (2): 312-319.
82. Schmid-Przewozna, K., Urbaniak, M., Zimniewska, M., Brandys, A., Banach, J., Gromek, M., Mikotajczak, P., Cihocka, A., Herczynska, L., Kowalska, A., Muzyczek, M., Romanowska, B., 2018. Natural and safe dyeing of curing clothing intended for patients with dermatoses, **Post Fitoter** **19**(1): 32-39.
83. Ahmed, N., S.,E., El-Shishtawy, R.M. KamelM., M., 2017. Ultrasound assisted pre-treatment and dyeing of linen fibres with reactive dyes, **Pigment and Resin Technology**, **36** (6): 363-372 s.
84. Perinçek, S., Duran, K., 2016. Optimization of enzymatic & ultrasonic bio-scouring of linen fabrics by aid of box-behnken experimental design. **Journal of Cleaner Production**, **135**: 1179-1188.
85. Gürkan, S., 2012. Organik Pamuklu Örme Kumaşların Ultrason Teknolojisi ile Terbiye Yöntemleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 135 s.
86. Basto, C., Tzanov, T., Cavaco-Paulo, A., 2007. Combined ultrasound-laccase assisted bleaching of cotton. **Ultrasonics Sonochemistry**, **14**: 350–354.
87. Körlü, A., 2018. Use of ozone in the textile industry, 1-21. Textile Industry and Environment, Intech Open, U.K.
88. Maqsood, H.S., Wiener, J., Baheti, V., Eldeeb, M., 2016. Ozonation: A green source for oxidized cotton. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, **24** (1(115)): 19-21.
89. Turhan, Y., Soydaş, Ş., 2018. The effects of ozone bleaching and ozone desizing method on whiteness and water absorption of %100 cotton terry fabrics. **International Journal of Materials Science and Applications**, **7**(3): 85-94.
90. Gashti, M. P., Pournaserani, A., Ehsani, H., Gashti, M., 2013. Surface oxidation of cellulose by ozone-gas in vacuum cylinder to improve the functionally of fluoromonomer. **Vacuum**, **91**: 7-13.

91. Elnagar, K., Elmaaty, T. A., Raouf, S., 2014. Dyeing of polyester and polyamide synthetic fabrics with natural dyes using ecofriendly technique. **Journal of Textiles, 2014: 1.**
92. Atav, R., Namırtı, O., 2016. Effect of ozonation process on dyeing of polyamide fabrics with a natural dye. **Industria Textila, 64(4): 233-237.**
93. DIN 53924: 1997; Testing of textiles-Velocity of soaking water of textile fabrics (method by determining the rising height).
94. TS EN ISO 105-C06:Eysel yıkamaya ve ticari müesseselerde yıkmaya karşı renk haslığı, TS.
95. ISO 2062:2009; Textile-Yarns Form Packages-Determination of Single-End Breaking Force and Elongation At Break.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Özge ERCÖMERT
Uyruğu: Türkiye (T.C.)
Doğum Tarihi ve Yeri: 1 Mayıs 1990, Kırşehir
Medeni Durumu: Evli
Tel: +90 506 270 86 48
Email: yldrmozg@outlook.com
Yazışma Adresi: Gülük Mah. Yunus Emre Cad. Düvenönü İş Merkezi 10/L
Kayseri Ticaret İl Müdürlüğü Melikgazi / Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	EÜ Tekstil Mühendisliği	2013
Lise	H.F.E Anadolu Lisesi, Kırşehir	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2016-Halen	Ticaret Bakanlığı	Ticaret Denetmeni

YABANCI DİL

İngilizce