



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI YÖNTEMLERLE PAMUKLU ÖRME KUMAŞIN ENZİMATİK
HİDROFİLLEŞTİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

HACER ÖZGEN

DANIŞMAN

DOÇ. DR. MAHİRE CİHANGİROVA

BARTIN-2018



T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI YÖNTEMLERLE PAMUKLU ÖRME KUMAŞIN ENZİMATİK
HİDROFİLLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
Hacer ÖZGEN

JÜRİ ÜYELERİ

- | | | |
|-------------|-------------------------------------|------------------------|
| 1. Danışman | : Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA | – Bartın Üniversitesi |
| 2. Danışman | : Doç. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN | – Marmara Üniversitesi |
| Üye | : Prof. Dr. Resul FETTAHOV | – Bartın Üniversitesi |
| Üye | : Doç. Dr. Ertuğrul ERDOĞMUŞ | – Bartın Üniversitesi |
| Üye | : Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin DENİZ | – Marmara Üniversitesi |

KABUL VE ONAY

Hacer ÖZGEN tarafından hazırlanan “FARKLI YÖNTEMLERLE PAMUKLU ÖRME KUMAŞIN ENZİMATİK HİDROFİLLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, 20.06.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA (1. Danışman)

Üye : Doç. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN (2. Danışman)

Üye : Prof. Dr. Resul FETTAHOV

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin DENİZ

Üye : Doç. Dr. Ertuğrul ERDOĞMUŞ

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA ve Doç. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “FARKLI YÖNTEMLERLE PAMUKLU ÖRME KUMAŞIN ENZİMATİK HİDROFİLLEŞTİRİLMESİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin ispat edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

20.06.2018

Hacer ÖZGEN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, pamuklu örme kumaşın ön terbiyesinde zamandan ve sudan tasarruf sağlamak ve bunu yaparken de çevre dostu yöntemler kullanarak pamuklu kumaşı daha kısa sürede hidrofilleştirmeyi sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Çalışmada danışmanlığımı üstlenen değerli hocam Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA' ya, bu çalışmanın yürütülmesi sırasında sonsuz destek ve yardımlarını gördüğüm ikinci danışmanım sayın Doç. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN' a ve Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarındaki çalışmalarımda yardımcı olan hocam Arş. Gör. Onur ATAĞ' a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince manevi desteğini esirgemeyen değerli aileme, hem manevi hem teknik desteği ile yanımda olan sevgili eşime teşekkür ederim.

Hacer ÖZGEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI YÖNTEMLERLE PAMUKLU ÖRME KUMAŞIN ENZİMATİK HİDROFİLLEŞTİRİLMESİ

Hacer ÖZGEN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mahire CİHANGİROVA

İkinci Danışman: Doç. Dr. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN

Bartın- 2018, sayfa: XVII + 88

Bu tez çalışmasında, %100 pamuklu ham örme kumaşın konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yardımı olmak üzere iki farklı yöntemle, enzim içeren kombine işlemler yoluyla hidrofilleştirilmesi, beyazlatılması ve reaktif boyarmadde ile boyanması işlemleri gerçekleştirilmiş; konvansiyonel işlemler ile karşılaştırıldığında daha kısa sürede daha az enerji ve suya ihtiyaç duyan çevre dostu proseslerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Farklı kombinasyonlarda pektinaz, selüloz ve lakkaz enzimleri ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yardımıyla gerçekleştirilen ön işlemler sonrasında elde edilen kumaşlara uygulanan hidrofilite, beyazlık/sarıklık indeks ve boncuklanma test performansları yine iki yönetime göre NaOH ile ön işlem gören numuneler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki yönetime göre ön işlem görmüş kumaş numunelerinin tümü konvansiyonel olarak C.I.Reactive Black 5 reaktif boyarmaddesi ile boyanmıştır.

Enzimatik ön işlemlerin kombine olarak gerçekleştirildiklerindeki performansları, ön işlemlerin ve ardından gerçekleştirilen boyamaların tekrarlanabilirliği ve boyanmış tekstil materyallerinin yıkamaya ve sürtünmeye karşı renk haslık özellikleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada uygulanan farklı kombine ön işlemlerin ve ardından gerçekleştirilen boyamaların pek çoğunda düzgün (egal), iyi haslık özelliklerine sahip numuneler ve tekrarlı boyamalar elde edilmiştir. Kısalan işlem süreleri ve su gereksinimindeki azalma kombine işlemlerinin avantajını oluşturmaktadır.

Sunulan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın amacı anlatılmaktadır.

İkinci bölümde pamuk lifi, enzimlerin yapısı, özellikleri ve çalışma mekanizmaları hakkında genel bilgiler verilmekte, enzimlerin tekstil ön işlemlerinde kullanım alanları ile reaktif boyarmaddelerin özelliklerine değinilmektedir.

Üçüncü bölümde araştırmanın yöntemi, gerçekleştirilen uygulamalar, kullanılan araçlar, standartlar, test metotları, kullanılan kimyasallar hakkında bilgi sunulmuştur.

Dördüncü bölüm, elde edilen ölçüm verilerinden ulaşılan sonuçları ve beşinci bölüm, genel tartışma ve önerileri içermektedir.

Anahtar Kelimeler

Hidrofilite; mikrodalga; pamuk; reaktif boyama; yüzey modifikasyonu,

Bilim Kodu

621.01.04

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

ENZYMATIC HYDROPHILIZATION OF COTTON KNITTED FABRIC BY DIFFERENT METHODS

Hacer ÖZGEN

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Textile Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Mahire CİHANGİROVA

Second Adviser: Assoc. Prof. Burcu YILMAZ ŞAHİNBAŞKAN

Bartın-2018, pp: XVII + 88

In this thesis study, the hydrophilization and bleaching with different enzyme combinations and dyeing with reactive dyestuff of 100% cotton raw knitted fabric by conventional and microwave energy assisted methods. We aims to develop eco-friendly processes that require less energy and water in a shorter time compared to conventional processes.

The hydrophilicity, whiteness/yellowness indexes and pilling test performances of pretreated fabrics with pectinase, cellulase and laccase enzymes in different combinations were compared with pretreated fabric with NaOH according to two differenet methods. In addition, all pretreated fabric samples according to both methods were conventionally dyed with C. I. Reactive Black 5.

The performances of the combined enzymatic pretreatments, repeatability of pretreatments and dyeing processes, fastness properties to washing and rubbing of dyed fabric samples were investigated.

In this study, the combined pretreated and dyed samples have uniform colour, adequate fastness test results and repeatable dyeing. The shortening of the process times and the decreasing of the water requirement have the advantages of the combined processes.

Presented thesis work consists of five parts. In the first part, the purpose of working was explained.

In the second part, general information about cotton fiber, enzymes structure, properties and working mechanisms and the properties of enzymes used in textile pretreatment and the general properties of reactive dyes were given.

In the third part, information about the method of research, application methods, equipments, standards, test methods, used chemicals were presented.

The fourth part contains the results obtained from the measurement data obtained, and the fifth part contains general discussion and recommendations.

Key words

Hydrophility; microwave; cotton; reactive dyeing; surface modification

Science Code

621.01.04

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER	5
2.1 Pamuk Lifi	5
2.1.1 Pamuk Lifi'nin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri	5
2.1.2 Pamuk Lifi'nin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri	7
2.2 Enzimler	10
2.2.1 Enzimlerin Genel Özellikleri.....	10
2.2.2 Enzimlerin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması.....	11
2.2.3 Enzim Katalizi	12
2.2.4 Enzim Kinetiği.....	13
2.2.5 Enzim Aktivitesi.....	13
2.2.6 Reaksiyon Hızını Etkileyen Faktörler	14
2.2.6.1 Sıcaklığın Etkisi.....	14
2.2.6.2 pH' nin Etkisi	15
2.2.6.3 Enzim Konsantrasyonu.....	15
2.2.6.4 Substrat Konsantrasyonu	15
2.2.7 Enzimlerin İnhibisyonu	15
2.2.8 Enzimlerin immobilizasyonu ve Avantajları	16
2.3 Tekstil Terbiye İşlemlerinde Kullanılan Enzimler	17
2.3.1 Pektinaz	17

2.3.2 Selülaz	17
2.3.3 Lakkaz	18
2.4 Hidrofilileştirmede Enzim Kullanımı	19
2.5 Mikrodalga Işıması	21
2.6 Reaktif Boyarmaddeler ile Pamuklu Materyallerin Boyanması	22
2.7 Literatür Özeti	24
 BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM	 31
3.1 Araştırma Yöntemi	31
3.2 Araştırma Araçları, Test Metodları ve Standartları	32
3.3 Uygulamalar	34
3.3.1 Amaç	34
3.3.2 Materyal	34
3.3.2.1 Enzimatik Ön İşlem Görecek Materyal	34
3.3.2.2 Uygulamalarda Kullanılan Kimyasal Maddeler	34
3.3.2.3 Boyarmadde	36
3.3.3 Yöntemler	36
3.3.3.1 Sodyum Hidroksit ile Hidrofilileştirme	37
3.3.3.2 Pektinaz Enzimi ile Hidrofilileştirme	38
3.3.3.3 Selülaz Enzimi ile Ön İşlem	39
3.3.3.4 Lakkaz Enzimi ile Ön İşlem	39
3.3.4 Remazol Black B Boyarmaddesi ile %1 Renk Şiddetinde Gerçekleştirilen Boyama İşlemleri	40
 BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA	 42
4.1 Damlatma Testi ile Hidrofilite Derecesinin Tayini	42
4.2 Yüzey Temas Açısı Ölçümü ile Hidrofilite Derecesinin Tayini	45
4.3 Beyazlık İndeksi Ölçümü	50
4.4 Sarılık İndeksi Ölçümü	52
4.5 Boncuklanma Test Sonuçları	53
4.6 Renk Ölçümü (CIELab Renk Ölçümü)	55
4.7 Renk Farklılıkları	73

4.8 Renk Haslık Testleri	74
4.8.1 Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı	74
4.8.2 Yıkamaya Karşı Renk Haslığı	75
4.9 Ön İşlemlerin Sağladığı Avantajlar	78
 BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	80
 5.1 Genel Sonuçlar	80
5.2 Öneriler	82
 KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1. Pamuk lifinin yapısı	6
2. Selülozun kimyasal yapısı	8
3. Selülozun bozunmuş yapıları	9
4. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısal özellikleri	23
5. Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans eğrileri	58
6. Mikrodalga enerjisiyle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans eğrileri	58
7. NaOH ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	59
8. Pektinaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	60
9. Selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	60
10. Lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	61
11. Pektinaz ve selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	62
12. Pektinaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	62
13. Pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	63
14. Pektinaz, lakkaz ve selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri	64

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1. Pamuk lifinin fiziksel özellikleri	6
2. Olgun ve olgunlaşmamış pamuk içerikleri	7
3. Enzimlerin isimlendirilmesi	12
4. Uygulamalarda kullanılan cihazlar ve üretici firmaları.....	32
5. Uygulamalarda kullanılan testler ve standartlar.....	33
6. Uygulamalarda kullanılan kimyasal maddeler.....	35
7. NaOH Uygulama prosesi.....	37
8. Pektinaz enzimi uygulama prosesi	38
9. Selüloz enzimi uygulama prosesi	39
10. Laktoz enzimi uygulama prosesi.....	40
11. Reaktif boyama sonrası yıkama reçetesi	41
12. Konvansiyonel yöntemle işlem gören numunelerin hidrofilite test sonuçları.....	43
13. Mikrodalga yöntemi ile işlem gören numunelerin hidrofilite test sonuçları	44
14. Ham kumaş numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları	45
15. Konvansiyonel yöntemle göre NaOH ve enzimlerle muamele edilen numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları	46
16. Mikrodalga enerjisi yardımıyla NaOH ve enzimlerle muamele edilen numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları	48
17. Konvansiyonel yöntem ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri	50
18. Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri	51
19. Konvansiyonel yöntem ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri	52
20. Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri	53
21. Ön işlem görmüş test numunelerinin boncuklanma test sonuçları.....	54
22. Reaktif boyarmadde ile boyanmış test numunelerinin boncuklanma test sonuçları ..	54

Tablo	Sayfa
No	No
23. Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören ve C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle %1 renk şiddetinde boyanan numunelerin 400 ile 700 nm dalga boyu arasındaki % reflektans değerleri	56
24. Mikrodalga yöntemiyle ön işlem gören ve C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle %1 renk şiddetinde boyanan numunelerin 400 ile 700 nm dalga boyu arasındaki % reflektans değerleri	57
25. NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	65
26. Pektinaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	65
27. Selüloz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	66
28. Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	66
29. Pektinaz ve Selüloz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	67
30. Pektinaz ve Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	67
31. Pektinaz, Selüloz ve Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	68
32. Pektinaz, Lakkaz ve Selüloz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	68

Tablo	Sayfa
No	No
33. NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	69
34. Pektinaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	70
35. Selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	70
36. Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	71
37. Pektinaz ve Selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	71
38. Pektinaz ve Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri	72
39. Pektinaz, Selülaz ve Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.....	72
40. Pektinaz, Lakkaz ve Selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.....	73
41. Remazol Black B C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanmış numunelere ait renk farklılıkları	74
42. Reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığı sonuçları	75
43. Yıkamaya karşı renk haslığı işlem koşulları.....	76
44. Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin ve multifiber kumaşın yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları	76

45.	Mikrodalga enerjisi ile ön işlem gören ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları.....	77
46.	Ön işlem görmüş test numunelerinin konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre süre ve su miktarı	78
47.	Ön işlem görmüş test numunelerinin konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre süre farkları	79



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°	: Derece
°C	: Derece santigrad
~	: Yaklaşık
m	: Metre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
cm ³	: Santimetreküp
µm	: Mikrometre
dk	: Dakika
sn	: Saniye
mL	: Mililitre
L	: Litre
g	: Gram
cN	: Santinewton
dtex	: 10000 m uzunluğundaki ipliğin gram olarak değeri
pH	: Hidrojen iyonu molar konsantrasyonunun (mol/litre) on tabanına göre logaritmasının eksi işaretli değeri
Ne	: Numara İngiliz (1 Libre ipliğin Hank olarak uzunluk miktarı)
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Na ₂ SO ₄	: Sodyum Sülfat
Na ₂ CO ₃	: Sodyum Karbonat
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
MW	: Mikrodalga Enerjisi
vd.	: ve diğerleri

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tekstilde yaygın olarak kullanılan ve tekstil sektörü için önemli bir yere sahip olan pamuk, üretimi ve kullanımı bakımından dünyada ve ülkemizde en çok tercih edilen doğal lifdir. Pamuk lifi, dünyada büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Sentetik liflerin keşfinden sonra önemini kaybetmiş olsa da tüm yaşam alanlarında doğal esaslı malzemelere olan taleple birlikte, pamuğa verilen önem yeniden artmıştır (Kürtüncü, 2013; Kılık, 2014; Toprak 2014).

Tekstil sektöründeki maliyet artışı, rekabet gücünü de artırmış ve bunun sonucunda düşük maliyetli prosesler önem kazanmıştır. Pamuğun yüksek sıcaklıkta işlem görmesi, life zarar vererek işletmenin maliyet yükünü artırmakta; pamuğun ham durumdan tekstil yüzeyi haline gelene kadar gördüğü terbiye işlemleri çevreye çok fazla atık yükü oluşturmakta; çok fazla su kullanımı gerektirmekte ve yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple tekstil sektörü, elindeki kaynakları verimli bir şekilde kullanmak, çevre dostu ürünler kullanarak çevresel kirlenmeyi önlemek ve proses maliyetlerini azaltmak için stratejiler geliştirmeye yönelmiştir (Kılık, 2014; Toprak, 2014).

Pamuklu sanayindeki ekolojik proseslerin gün yüzüne çıkmasıyla beraber, ürünlerin üretimi konusu tüketiciler arasında daha fazla ilgi konusu olmuştur. Bu da, çevre dostu yöntemlerin pamuklu kumaşların terbiyesinde kullanılmasına verilen önemi arttırmaktadır (Kürtüncü, 2013; Eker, 2011).

Tekstil sanayinde, gerek çevresel kaygıların önem kazanması, gerekse bazı yasal zorunluluklar sebebiyle ekolojik yöntemlerin önem kazandığı günümüzde, enzimlerin tekstil terbiyesinde kullanımı giderek artmaktadır. Bu sayede işlemler ekolojik olmakta ve mamulün doğal özellikleri korunmakta, daha değerli ürünler üretilabilmektedir (Balcı vd., 2010; Şahin, 2003; Duran vd., 2007).

Günümüzde hem üretimleri hem de kullanımları esnasında çevre dostu olmalarından dolayı, enzimlerin tekstil ön işlemlerinde kullanılmalarında önemli miktarda artış

görülmektedir. Son zamanlardaki yeni uygulamalar çerçevesinde yeni enzimler üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır (Toprak, 2014). Biyoteknolojideki hızlı gelişmeler, enzimleri, tekstil endüstrisinde, ön terbiye ve bitim işlemlerinin tüm adımlarına taşımış, biyolojik olarak parçalanabilmeleri günümüzün geleneksel tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan pek çok sayıdaki kimyasal maddenin yerini almasını sağlamıştır (Dede, 2012).

Enzimler güçlü biyokatalizörler olarak reaksiyonları hızlandırdığından tekstil endüstrisinde daha ılıman şartlarda çalışılmasına ve dolayısıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmasına, reaksiyon kontrollerinin daha kolay olmasına, zararlı kimyasalların yerine kullanılabilmesine, daha ekonomik, sürdürülebilir, kaliteli, çevre dostu üretime ve en önemlisi işlemlerin kombine olarak uygulanmasına imkân vermektedir (Dede, 2012, Davulcu, 2008; Atav ve Ekici Karaboğa, 2017).

Canlı organizmalardaki kimyasal reaksiyonları hızlandıran ve hiçbir yan ürün olmasına fırsat vermeden %100'e yakın bir reaksiyon verimi sağlayan biyolojik katalizörler olan enzimler, spesifik kimyasal reaksiyonları katalizleme yeteneğine sahip, doğal yollardan elde edilen, protein yapısında, yüksek moleküllü, kompleks organik polimerlerdir. Enzimler kimyasal bir reaksiyonu katalizledikten sonra serbest kalarak bir sonraki reaksiyonu da katalizleyebilmektedirler. Bu nedenle işlem için çok az miktarı yeterli olabilmektedir. Enzimatik prosesler konvansiyonel kimyasal maddeler kullanılarak uygulanan proseslerle kıyaslandığında düşük sıcaklık ve basınçta kolayca spesifik reaksiyonlar vermekte, daha kontrollü bir proses ile zamandan ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır (Balcı vd., 2010; Duran ve Ayaz, 1999; Mavruz ve Oğulata, 2007; Haliskaranfil, 2012; Khoddami vd., 2002).

Tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan kimyasalların ekolojik ve sürdürülebilir bir etkisinin olması, çevre dostu üretim yöntemleri çerçevesinde tekstil terbiye işlemlerinde enzimlerin kullanılmasının önemini arttırmaktadır (Davulcu, 2008). Tekstil uygulamalarında enzimlerin gerçek anlamda ilk kullanımı 1857 yılında başlamıştır. 1965 yılından sonra enzimlerin kullanımları, endüstriyel alanda oldukça yaygınlaşmıştır (Haliskaranfil, 2012; Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

Son yıllarda, doğal liflerin yanı sıra sentez yolu ile meydana gelen polimerlerden üretilmekte olan, hidrofobik yapıdaki sentetik liflere de, çeşitli enzimler (kutinaz, esterez,

lipaz vb.) ile yüzey modifikasyonu sağlanarak hidrofillik özellik kazandırılabilir. Ancak sentetik lifler için enzimatik ön işlem çalışmaları sürmekte olup, henüz endüstriyel ölçekli çalışmalara geçilmemiştir (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

Selüloz esaslı tekstil materyallerinin terbiyesinde amilazdan sonra en çok kullanılan enzim selülozazdır. Enzimatik işlemlerin büyük bir çoğunluğu, selülozik liflerin, ağır kimyasal maddeler ile ön işlemlerine alternatif veya yeni bitim efektleri elde etmek amacıyla uygulanmaktadır (Balcı vd., 2010). Selülozu hidrolize eden selüloz enzimleri, kumaş yüzeyini düzgünleştirmede, boncuklanma eğilimini azaltmada ve denim kumaşlara eskimiş görünüş kazandırmada kullanılmaktadırlar (Şahin, 2003).

Pamuklu tekstil materyallerinin ve karışımlarının enzimatik ön terbiyesi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pamuklu kumaşlar ve karışımları, çeşitli enzimler yardımı ile ılıman şartlarda ve çevre dostu olarak ön işlemler, boyama ve bitim işlemlerine tabi tutularak temiz üretime katkı sağlanmaktadır (Quandt ve Kulh, 2000; Eren vd., 2009; Yılmaz Şahinbaşkan, 2012). Konvansiyonel yöntemin yanı sıra alternatif çevre dostu yeni enerjilerin tekstil yaş işlemlerinde kullanılabiliyor olması temiz üretime katkı sağlamakta, ayrıca bu çevre dostu yöntemler tekstil materyalinin kopma mukavemeti, ıslanabilirlik, yüksek beyazlık derecesi, daha uniform yüzey ve uygulama sürelerinin kısalığı üzerine pozitif etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle yeni çevre dostu yöntemlerin endüstrideki uygulanabilirliğini sağlamak ve arttırmak konusunda çalışmalar hız kazanmıştır (Öner ve Yılmaz, 2005; Yılmaz ve Öner, 2005; Yılmaz, 2004; Öner ve Yılmaz Şahinbaşkan, 2011; Mason ve Lonmier, 1988; Basto vd., 2007; Yachmenev vd., 2004). Mikrodalga enerjisi tekstil yaş işlemlerinde hızlı, uniform ve etkili olduğundan dolayı çevre dostu alternatif yeni bir yöntemdir (Yılmaz Şahinbaşkan vd., 2017).

Bu tez çalışmasında, %100 pamuklu örme kumaş numuneleri farklı enzim ve yöntemler kullanılarak ayrı banyolarda enzimatik ön işleme tabi tutulmuştur. Uygulamalarda, konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisine göre çalışılmıştır. İki yöntemde de aynı şartlar kullanılmış olup tek fark sürelerdir. Mikrodalga enerjisi ile işlem süresi daha kısa tutularak, konvansiyonel yöntemle yakın sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Enzimatik ön işlem görmüş kumaş numunelerine hidrofilite, beyazlık/sarıklık indeks ölçümü, boncuklanma ve haslık testleri uygulanmıştır. Bununla birlikte, tüm ön işlem

görmüş numuneler Remazol Black B boyarmaddesi ile boyanarak elde edilen ön işlem performansı bir de boyama sonuçları açısından değerlendirilmiştir.



BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1 Pamuk Lifi

Anavatanı Hindistan olan pamuk, bitkilerin tohumundan elde edilen ve en eski selülozik elyafıdır. M.Ö. 3000’li yıllarda Hint mezarlarında pamuklu materyal örneklerine rastlanılmıştır. M.S. 800’lü yıllarda Hindistan’dan Japonya ve Çin’e; 13. yüzyılda da Avrupa’ya geçmiştir (Eker, 2011; Başer, 1992)

Lif üzerinde bulunan selülozik olmayan haşıl, yağ, mum, pektin gibi yabancı maddelerin ön terbiye işlemleri ile giderilmesi daha sonraki boya, baskı ve bitim işlemlerinin düzgün bir şekilde yapılması açısından önemlidir. Pamuk lifi için ön terbiye işlemleri temel olarak; yakma, haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma ve mersevizasyondan oluşmaktadır. Bu işlemlerin belli bir sırayla veya hepsinin yapılması zorunluluğu yoktur. Uygulanacak diğer terbiye işlemlerinin cinsi, mamül kalitesi, işletmenin makine parkı ve olanaklarına göre bazı işlemler yapılamayabilir veya daha ılımlı koşullarda uygulanabilir (Davulcu, 2008).

2.1.1 Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri

Pamuk lifleri kremimsi beyaz renktedir. Bu renk iklim, yetiştirme şartları ve bitkinin türüne göre değişim göstermektedir. Mısır pamuğu kırmızımsı-kahverengidir. Pamuk lif boyu 1cm ile 7.5 cm arasında değişmekte, çapı ise 6-25 mikrondur ($\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$). Pamuk havadan kolaylıkla nem absorblar. Normal şartlar altında (20 °C sıcaklıkta ve %65 relatif nemde) %8.5 nem absorblamasına rağmen, elle tutulduğunda kuru hissedilebilir.

Pamuk, selülozik elyafların hepsinde olduğu gibi ıslandığında dayanıklılığı artmaktadır. %30 civarında bir dayanıklılık artışı söz konusudur. Bu değer, pamuğun herhangi bir işlemle bozunmadığı durumlarda geçerlidir. Pamuk, ıslatıldığında ağırlığının %70’i oranında su çekebilmektedir (Başer, 1992; Başer, 1998).

Pamuk lifinin fiziksel özellikleri Tablo1’ de verilmektedir.

Tablo 1: Pamuk lifinin fiziksel özellikleri (Toprak, 2014).

Fiziksel Özellikler	Değer
İncelik	1-4 dtex
Uzunluk	25-30 mm
Yoğunluk	1.5-1.54 g/cm ³
Özgül mukavemet	25-50 cN/dtex
Çap	6-25 µm
Ortalama uzama miktarı	%7-8
Nem absorblama	%8.5

Pamuk lifi içi protoplazma sıvısı ile dolu ince duvarlı bir bitki hücresidir. Hücrenin üstü kapalı, tohumdan koparılan kısmı ise açıktır (Başer,1992).

Pamuk lifinin en dış tabakası selüloz olmayan maddelerin bulunduğu mum ve pektinle kaplı kütikula tabakasıdır. Bu tabakanın hemen altında yoğun olarak selülozdan oluşan, sargı şeklindeki primer ve sekonder çerperler yer almaktadır (Eker, 2011; Davulcu, 2008).



S1: Primer Çeper S2: Sekonder Çeper S3: Lümen

Şekil 1: Pamuk lifinin yapısı (Eker, 2011).

Pamuk lifinin daha iç kısımlarında paralel selüloz fibrillerinden oluşan sekonder çerper ve lümen bulunmaktadır. Bu tabakalardaki selüloz fibrillerinin eksene göre yerleşim yönünün farklılık göstermesi, her tabakanın kristalinite durumunu etkilemektedir. Bu tabakalar yapısal ve kimyasal olarak birbirinden farklılık göstermektedir (Eker, 2011; Davulcu, 2008).

2.1.2 Pamuk Lifinin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Pamuk tek hücreli bir liftir ve tohumun dış tabakasından gelişir (Toprak, 2014). Pamuğun kimyasal yapısının yaklaşık %94'ü selülozdur. Geri kalan % 6'sı protein, pektik maddeler, mineraller, vaks ve az miktarda organik asit, şeker ve pigmentlerden oluşur. Bu lif mikroskop altında incelendiğinde, lif uzunluğu boyunca merkezi bir kanal görülür. Bu kanal (lümen) çökmüş ve bükülmüş düz bir tüp şeklindedir. İçi boş olan kanal, pamuklu kumaşın sıcak tutma özelliğine sahip olmasını sağlar. (Kürtüncü, 2013; Toprak 2014; Demir ve Torun, 2003).

Pamuk her tip giysi ve ev tekstili ürünü yapımında kullanılabilir. Bu ürünlerin içine bot ve ayakkabı, halı ve perde, giysi ve şapkalar girer (Kürtüncü, 2013).

Ham pamuk ve bundan elde edilmiş olan pamuklu kumaş üzerinde çeşitli yabancı maddeler de vardır (Kürtüncü, 2013; Davulcu, 2008).

Pamuğun kimyasal yapısında bulunan maddeler ve miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

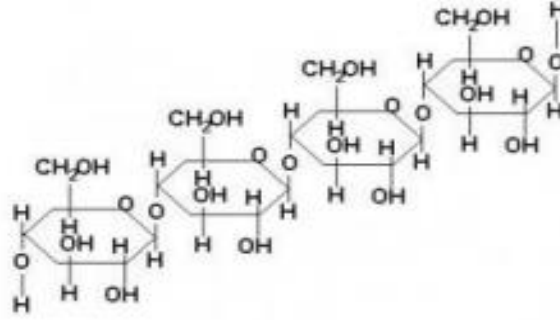
Tablo 2: Olgun ve olgunlaşmamış pamuk içerikleri (Toprak, 2014).

	Olgun Pamuk	Olgunlaşmamış Pamuk
Pektin	%0.7-1.2	-
Şeker	%0.3	-
Yağlar	%0.4-1.0	Artar
Protein	%1.1-1.9	Artar
Kül	%0.7-1.6	-
Diğer organik maddeler	%0.5-1.0	Artar
Renkli maddeler	Eser miktarı	Artar

Pamuk, esas kimyasal yapısı selüloz olan en önemli bitkisel liftir (Eker, 2011). Pamuk, sıcak ve soğukta kuvvetli asitlerle bozulur. Zayıf asitlerle sıcakta çürür. Derişik sülfürik asitte tamamen çözünür. Nontermoplastik yapıdaki pamuk 150°C'nin üstündeki sıcaklıklarda bozunmaya başlar; 170°C'de kısa sürede kavrulur. Yükseltgen ağartıcılarla

uzun süre temas halinde kalırsa oksiselüloz oluşumu ile bozunur. Güneş ışıkları elyafın dayanıklılığını azaltır (Başer, 1998).

Pamuk lifi ağırlığının %85-90'ını oluşturan selüloz, terbiye işlemleri sonucu %99'a varan bir orana ulaşmaktadır. Bu nedenle pamuğun kimyasal karakterinde selülozun önemi büyüktür (Eker, 2011).



Şekil 2: Selülozun kimyasal yapısı (Kılık, 2014).

Selülozun yapısında bulunan OH grupları, kimyasal maddelerin pamuk lifine etkilerini belirlemektedir (Eker, 2011).

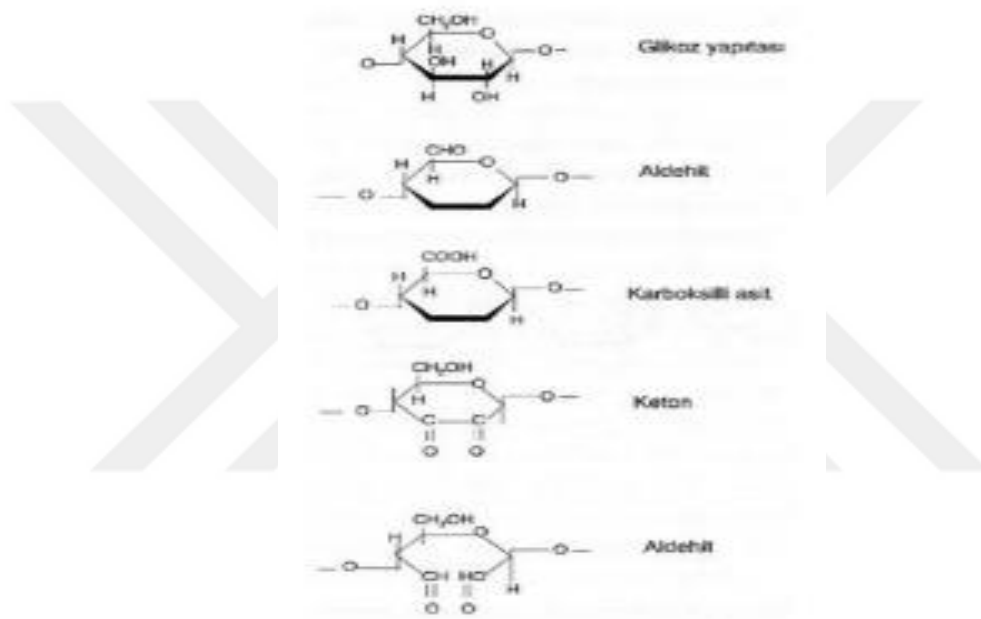
Asitlerin etkisi, Ilıman şartlarda uygulanan asitler hidroselüloz oluşumuna sebep olur. Soğuk seyreltik asitlerin selüloz üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak bunları kumaş üzerinden uzaklaştırmak için NaOH ile nötralizasyon ve ardından durulama yapılmalıdır. Derişik H₂SO₄ selülozu çözerken, selülozun nitrik asitle uzun süreler muamele edilmesi selüloz nitrat oluşumuna sebep olmaktadır (Toprak, 2014).

Alkalilerin etkisi; Alkalilere karşı dayanıklı olan pamuk lifi, oksijenli ortamda etki ederler. Orta kuvvetteki alkaliler havasız ortamda pamuğa etki etmezken, ortamda oksijenin bulunması oksiselüloz oluşarak lifin parçalanmasına sebep olmaktadır (Toprak, 2014).

Sıcaklığın etkisi; 150°C'nin üzerinde makromolekül zincirlerinde yavaş bir parçalanma, 200°C'nin üzerinde ısı parçalanma başlamaktadır. 350°C'nin üzerinde kıvılcımla tutuşabilecek oranda ortaya çıkan gaz karışımı 400°C'nin üzerinde kendiliğinden tutuşur (Toprak, 2014).

Işığın etkisi; Oksijensiz ortamda yıpratıcı etkisi bulunmamaktadır. Ancak oksijenle beraber uzun süre ışığa maruz kaldığında, oksiselüloz oluşarak lifte bozunma meydana gelmektedir. Ortamda nem ve bazı metallerin olması da yıpranmayı hızlandırmaktadır (Toprak, 2014).

Cözücülerin etkisi; Pamuk normal çözücülere karşı son derece dayanıklı olmakla beraber, tetramin bakırhidroksit gibi bakır komplekslerinde ve %70'lik H_2SO_4 'de dağılmaktadır (Toprak, 2014).



Şekil 3: Selülozun bozunmuş yapıları (Toprak, 2014).

Yükseltgen maddelerin etkisi; Pamuk lifi yükseltgen maddelerden hızlı etkilenip, oksiselüloz haline dönüşmektedir. Bu maddeler selülozun fonksiyonel grubuna veya glikozit bağlarına etki ederek zincir kopmalarına sebep olmaktadır (Toprak, 2014; Türk, 2008).

Organik çözücülerin etkisi; Alkol, eter gibi organik çözücüler selüloza etki etmediğinden pamuğa da etki etmezler (Toprak, 2014; Türk, 2008).

Tuzların etkisi, Pamuk lifi nötral tuz çözeltilerinde şişme göstermekte, asidik tuz çözeltilerinde ($AlCl_3$) ise kolayca hidrolize uğramaktadır (Toprak, 2014; Türk, 2008).

Suyun etkisi; Pamuk lifi su ile ıslandığında kimyasal bir olay meydana gelmez. Su molekülleri hidrojen köprüleri vasıtasıyla pamuğun üzerinde bağlanır, böylece zincirlerin arası açılarak pamuk lifinde şişmeye neden olur (Toprak, 2014; Türk, 2008).

2.2 Enzimler

Ekolojik üretim yöntemlerinin önem kazandığı günümüzde, enzimlerin tekstil terbiyesinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu sayede işlemler çevre dostu ve sürdürülebilir olmakta ve işlem gören mamulün doğal özellikleri korunurken katma değeri de artmaktadır (Duran vd., 2007).

2.2.1 Enzimlerin Genel Özellikleri

Enzimlerin büyük bir kısmı proteindir. Reaksiyonları hızlandırarak katalizleyen, doğanın kendi kendine ürettiği katalistlerdir. Biyokatalizörler olarak tanımlanan enzimler, yaşamın devamının sağlanması için gerekli olan yapılardır. Reaksiyon dengesini değiştirmeksizin düşük hızlardaki reaksiyonları katalitik aktivite göstererek katalizlerler (Toprak, 2014; Haliskaranfil, 2012).

Enzimlerin yeterli koşulların sağlanması durumlarında etkilerini gösterebiliyor olmaları, pek çok alanda fayda sağlamalarına imkân tanımaktadır (Kürtüncü, 2013). Ayrıca biyolojik aktiviteye sahip olmaları ve kimyasal olayları katalize etmeleri çeşitli endüstriyel alanlarda uygulama olanakları bulmalarını sağlamıştır. Günümüzde ekmek, bira ve peynir üretimi gibi ekonomik alanlarda, temizlik alanları gibi günlük yaşamda ve tıpta teşhis ve tedavide enzimler büyük bir öneme sahiptir. 1965'ten sonra enzimlerin endüstriyel alanda kullanımları iyice yaygınlaşmıştır. Sıvı kültür yönteminin geliştirilmesi enzim üretiminde büyük katkı sağlamıştır (Davulcu, 2008).

Enzimatik reaksiyonlar %100 verimle sonuçlanarak gerçekleştirdikleri reaksiyonlarda genellikle yan ürün meydana getirmezler. Her enzimin optimum aktivite gösterdiği belirli bir sıcaklık ve pH aralığı bulunmaktadır. Ayrıca yükseltgen ve indirgen maddeler, kuvvetli asitler, sıcaklık ve tensidler gibi maddeler enzimlerin etkinliklerini azaltabilir ya da tamamen yok edebilirler (Haliskaranfil, 2012; Türk, 2008; Kunduracı, 2005).

2.2.2 Enzimlerin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

Enzimler sistematik olmayan bir şekilde ilk olarak pepsin tripsin örneklerinde olduğu gibi sonuna “-in” takısı alarak adlandırılmışlardır. Daha sonra enzimler genel olarak katalize ettikleri kimyasal reaksiyon veya etkiledikleri substratların sonuna “-az” (-ase) eki getirilerek isimlendirilmişlerdir. (Kürtüncü, 2013). Örneğin; lipid substratına etki eden enzimin adı lipaz, üreyi parçalayan enzim üreaz, dekarboksilasyon reaksiyonunu katalizleyen enzimin adı da dekarboksilazdır (Toprak, 2014).

1950’ lerin sonuna doğru bilinen enzimlerin sayısı hızlıca artmıştır. Artan enzim sayısı ile enzimlerin görevleri ve isimleri arasında çok fazla karışıklık ortaya çıkmıştır. Bu durum enzimlerin belirli bir standarda göre adlandırılmaları gereğini ortaya çıkartmıştır. Enzimlerin adlandırılması ve sınıflandırılmasından Uluslar arası Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Topluluğu’nun Nomenklatür Komisyonu (NC-IUBMB) tarafından önerilen adlandırma ve sınıflandırma sistemi olabilecek karışıklıkları önlemeye karşı doğru tanımlama sağlar (Toprak, 2014; Yılmaz, 2004).

Enzim Komisyonu’nun 1961 yılındaki raporuna göre, enzimler katalizledikleri reaksiyon tipine göre altı ana grup içinde sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflarda yer alan her enzim EC ile başlayan ve 4 rakamdan oluşan kod numarasıyla karakterize edilmiştir. Örnek olarak E.C.4.2.1.22 numarası verilebilir. Böylece kesin bir sınıflandırma yapılmıştır.

EC numarasının kapsadığı dört rakam aşağıdaki gibidir;

- 1- İlk numara enzimin altı ana sınıftan hangisine ait olduğunu, katalize ettiği reaksiyonun sınıfını belirler.
- 2- İkinci numara etki ettiği kimyasal yapıyı ve fonksiyonel grubu belirler.
- 3- Üçüncü numara akseptörü belirler.
- 4- Dördüncü numara ise enzimin ait olduğu en alt sınıftaki sıra numarasını ifade etmektedir (Kürtüncü, 2013; Toprak, 2014; Haliskaranfil, 2012).

Enzimin katalizlediği kimyasal reaksiyon tam olarak bilinmeden, enzime sistematik bir isim verilmemelidir. Örneğin, enzim reaksiyonda bir basamak olarak bir molekülde izotopik değişiklik yapıyor ancak reaksiyonun geneli biliniyorsa, bu enzime isim verilmeyerek bu kural uygulanmalıdır (Haliskaranfil, 2012).

Enzimlerin katalizledikleri reaksiyonlara göre başlıca altı grupta ayrılmıştır. Bu gruplar aşağıda verilmiştir;

- 1- Oksido-redüktazlar redoks reaksiyonlarını katalizlerler.
- 2- Transferazlar amino, metil, fosfat v.b. grupların bir maddeden diğerine aktarılmasını katalizlerler.
- 3- Hidrolazlar C-O, C-N, C-C ve benzeri bağların hidrolitik yıkımını katalizlerler.
- 4- Liyazlar C-O, C-N, C-C ve diğer bağların eliminasyon yoluyla yıkımını katalizlerler.
- 5- İzomerazlar bir molekül içindeki geometrik ya da yapısal yeniden düzenlemeyi katalizlerler
- 6 – Ligazlar İki molekülü birbirine bağlayarak sentez gerçekleştiren enzimlerdir. Tekstil endüstrisinde kullanılan enzimler (α -amilaz, selülaz, proteaz) genellikle hidrolaz sınıfına dahildir. Bu enzimler çeşitli yapıdaki bağların (ester-asetal-amid v.b.) hidrolizini sağlarlar. Reaksiyon sonunda su açığa çıktığı için hidrolaz ismini alırlar (Kürtüncü, 2013).

Enzimlerin isimlendirilmesine örnek Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 3: Enzimlerin isimlendirilmesi (Yılmaz, 2004).

Substrata göre		Reaksiyona göre	
Substrat	Enzim	Reaksiyon	Enzim
Protein	Proteinaz	Oksidasyon	Oksidaz
Karbonhidrat	Karbonhidraz	Redüksiyon	Redüktaz
Lipid	Lipaz	Dekarboksilasyon	Dekarboksilaz
Üre	Üreaz	Hidralizasyon	Hidrolaz

2.2.3 Enzim Katalizi

Bir kimyasal reaksiyonda enzimlerin ve kimyasal katalistlerin görevi bulundukları reaksiyonların hızını arttırarak, reaksiyondan değişikliğe uğramadan çıkmaktır. Enzimler bir reaksiyonun hızını yaklaşık $10^6 - 10^{14}$ kat arttırabilirler. Örneğin katalaz enzimi hidrojen peroksidin parçalanması reaksiyonunu katalizörsüz sisteme göre 10^{14} kat arttırır. Her bir katalaz molekülü saniyede 5 milyon H_2O_2 molekülünü parçalar. Enzimler reaksiyon hız artışını, reaksiyonun aktivasyon enerjisini (E_a veya ΔG) düşürerek

yapmaktadırlar. Katalizörlü sistemde serbest enerji değişimi katalizörsüz sisteme göre daha düşüktür (Toprak, 2014).

2.2.4 Enzim Kinetiği

Enzimler katalizledikleri reaksiyonun dengesini değiştirmeden hızını artıran biyolojik yapılardır. Bir enzimin kataliz etkinliği ve yeteneğini ifade edebilmek için enzimin kinetiğinin incelenmesi gerekmektedir. Enzim kinetiği bir reaksiyonun hızını değiştirmede etkili olan etmenleri incelemektedir. Enzimatik bir reaksiyonda temel olarak substrat ve enzim bulunmaktadır. Reaksiyon hızı bu maddelerin derişimlerine, iyonik şiddet ve pH'ına, ortam sıcaklığına, aktivatörler ve inhibitörlerin varlığına bağlıdır. Bu nedenle enzime ait kinetik değerleri belirlemeden önce bu enzimin katalizlediği reaksiyonun optimum koşullarının belirlenmesi gerekmektedir (Toprak, 2014).

2.2.5 Enzim Aktivitesi

Bir enzimatik reaksiyonun hızı, enzim etkinliği veya enzimin aktivitesi ile ilişkilidir ve ne kadar fazla ise o kadar fazla substrat ürün haline dönüşür. Aktivite, birim zamanda enzim molekülü başına ürüne dönüştürülen substrat moleküllerinin miktarını ifade etmektedir. Enzimlerin katalitik aktivitesi, katalize ettiği tepkimenin hızı o enzimin aktivite değerini verir. (Kürtüncü, 2013; Toprak, 2014).

Enzim aktivite birimleri aşağıdaki gibidir;

Uluslararası ünite (birim): Bir ünite enzim, 1 dakikada 1 μmol ürünün oluşumunu katalizleyen enzim miktarıdır. Birimi UI veya kısaca U'dur.

$$U = \mu\text{mol} / \text{dk}$$

Spesifik aktivite: 1 mg protein başına düşen enzim ünitesinin sayısı spesifik (özgün) aktiviteyi verir.

$$\text{Spesifik aktivite} = U/\text{mg protein}$$

Katal(Kat): Bir saniyede 1 mol substratı dönüşüme uğratan enzim miktarı 1 kattır. μkat (mikrokatal) ve nkat (nanokatal) birimleri kullanılır.

$$1\text{IU} = 16,67 \text{ nkat}$$

1 μ kat = 60 IU

Kat = 60×10^6 IU

Turnover (Dönüşüm) sayısı: Enzim substrat ile doygunken 1 molekül enzim tarafından 1 dakikada ürüne dönüştürülen substratın mol sayısıdır. Bu değer Turnover sayısının yüksek olması aktivitenin fazla olduğunu gösterir. Bu değer enzimatik reaksiyonda k_c değerine karşılık gelir.

Katalitik merkez aktivitesi: 1 dakikada 1 aktif bölge tarafından dönüşüme uğratılan substrat moleküllerinin miktarıdır.

Moleküler aktivite: Enzimin molekül ağırlığı biliniyorsa, enzim aktivitesi için bu ifade kullanılabilir. 1 dakikada 1 mol enzim tarafından kullanılan substratın veya oluşturulan ürünün mol sayısıdır. Örneğin 1 mol katalaz 1 dakikada 5×10^6 mol hidrojen peroksidi, su ve oksijene çevirir.

Bodansky Ünitesi: 37°C'de pH8- 8,6'da 100 ml serumda sodyum gliserofosfattan 1 saatte 1 mg fosfor oluşumunu katalize eden fosfataz enzimi aktivitesidir.

King-Armstrong Ünitesi: 37°C'de 100 ml serumda fenil fosfattan 15 dakikada 1mg fenol oluşumunu katalize eden fosfataz enzimi aktivitesidir (Toprak, 2014).

2.2.6 Reaksiyon Hızını Etkileyen Faktörler

Tepkime hızını etkileyen dört temel faktör sıcaklık, pH, enzim ve substrat konsantrasyonudur.

2.2.6.1 Sıcaklığın Etkisi

Enzimle katalizlenen bir reaksiyonun hızı sıcaklık artışı ile artmaktadır. Enzimlerin üç boyutlu yapısını değiştiren sıcaklık artışı, belirli bir sıcaklığa kadar geçerlidir. Bu sıcaklığa optimum sıcaklık denilmektedir. Bu sıcaklıktan sonraki artış, enzimatik reaksiyonun hızının düşürerek, enzimin yapısının bozulmasına sebep olur (Kürtüncü, 2013; Toprak, 2014).

Enzimlerin çoğu 40-60 derece C' den sonra inaktif hale geçmeye başlar. Bununla birlikte aktivitesini 100°C' ye kadar koruyan enzimler de bulunmaktadır. Enzim sıcaklığın etkisiyle denatüre olduktan sonra yeniden aktif hale gelemmez (Toprak, 2014).

2.2.6.2 pH' nin Etkisi

Enzimlerin aktif merkezini oluşturan aminoasitlerin aktif grupları asidik, bazik ve nötr karakterde olabilmektedir. Bu aktif grupların iyonik karakterleri pH değişimleri ile önemli ölçüde etkilenmektedir. Enzimin en fazla aktivite gösterdiği pH değerine, optimum pH denir. Bu pH' nin altındaki ve üstündeki değerlerde enzimin aktif merkezini oluşturan aktif gruplar değişime uğrayarak enzim denatüre olmaktadır (Kürtüncü, 2013).

2.2.6.3 Enzim Konsantrasyonu

Ortamda bol miktarda substrat bulunan enzimatik reaksiyonun hızı enzim konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Kunduracı, 2005).

2.2.6.4 Substrat Konsantrasyonu

Enzim katalizli bir reaksiyonda kullanılan katalizörün konsantrasyonu arttıkça reaksiyon hızı da artış göstermektedir. Enzim konsantrasyonu sabit tutulurken substrat konsantrasyonu arttırıldığında ilk önce reaksiyon hızında büyük bir artış gözlenmekte, ancak substrat konsantrasyonu arttırılmaya devam edildiğinde reaksiyon hızındaki artış giderek azalmakta ve sonunda sabit hale gelmektedir. Nedeni, reaksiyonun başlangıcında enzim moleküllerindeki aktif merkezlerin substrat molekülleri tarafından doyurulamamasıdır (Kunduracı, 2005). Reaksiyon hızı dengeye ulaştığında enzimin uygun olan bütün bölgeleri substrat tarafından doyurulmuş olmaktadır (Toprak, 2014).

2.2.7 Enzimlerin İnhibisyonu

Enzimlerin aktivitelerine enzim ve substrat yoğunluğu, sıcaklık ve pH'ın etkisinin dışında enzimlerin aktif merkezlerini değiştiren, tepkimelerdeki hızlarını azaltan veya kataliz görevlerini yerine getirmelerini engelleyen maddelere inhibitör adı verilmektedir. Bu maddeler enzimlere bağlanırlar ancak substrat gibi hareket etmemektedirler. Ürün

oluşumunu engellerler. Bu maddelerin substrattan farkı tepkime sırasında kimyasal değişime uğramamasıdır. Bu tip inhibitörlere konpetitif inhibitör, meydana gelen inhibisyona konpetitif inhibisyon adı verilmektedir (Kürtüncü, 2013; Toprak, 2014; Davulcu, 2008). Eğer inhibitör aktif merkezin dışında bir noktadan enzim aktivitesinin düşmesine neden oluyorsa bu tip inhibisyona nonkonpetitif inhibisyon denir. Bu tip inhibisyonda inhibitörler enzimin üç boyutlu yapısında değişime neden olmaktadır (Davulcu, 2008).

İnhibisyon geriye dönüşümlü ve geriye dönüşümsüz olarak iki grupta incelenir. Geri dönüşümlü inhibisyonda substrat konsantrasyonu veya inhibitöre oranla enzim konsantrasyonu artırılarak inhibitör etkisiz hale getirilebilirken, geriye dönüşümsüz inhibisyonlarda aktif bölgeye bağlanan molekül enzim yapısını bozmakta ve dolayısıyla geriye dönüş söz konusu olmamaktadır (Toprak, 2014).

2.2.8 Enzimlerin immobilizasyonu ve Avantajları

Biyoteknolojinin birçok alanda uygulamasının artması ile birlikte biyokatalizörlerin daha kullanışlı ve ekonomik hale gelebilmesi için çalışmalar da hız kazanmıştır. Çünkü enzimlerin izolasyonu ve saflaştırılmaları oldukça pahalı işlemlerdir. Genellikle sulu çözeltilerde gerçekleştirilen işlemlerde katalizör olarak kullanılan enzimlerin aktivitelerini yitirmeden geri kazanılmaları olanaksızdır. Bu sorunun çözüm yolu enzim immobilizasyonudur (Yener, 2007).

Suda çözünen ve çözeltide serbest hareket edebilen enzim molekülleri, suda çözünmeyen reaktif polimer bir taşıyıcıya bağlanarak hareketi kısıtlanmaktadır. Bu işlem immobilizasyon olarak adlandırılır. İmmobilize enzimler serbest enzimlere göre çevre şartlarına daha dayanıklı, daha uzun süre kullanılabilme gibi avantajlara sahiptir (Toprak, 2014).

İmmobilize enzimin serbest enzime göre avantajları;

- Reaksiyon sonunda ortamdan kolayca uzaklaştırılabilir.
- Çevre koşullarına (pH, sıcaklık v.s.) karşı daha dayanıklıdır.
- Birçok defa ve uzun süre kullanılabilir.

- Sürekli işlemlere uygulanabilir.
- Doğal enzime göre daha kararlıdır.
- Ürün oluşumu kontrol altında tutulabilir.
- Birbirini izleyen çok adımlı reaksiyonlar için uygundur.
- Bazı durumlarda serbest enzimden daha yüksek bir aktivite gösterebilir.
- Enzimin kendi kendini parçalama olasılığı azalır (Özyılmaz, 2005).

2.3 Tekstil Terbiye İşlemlerinde Kullanılan Enzimler

2.3.1 Pektinaz

Pektinaz enzimleri bitkilerin lamellar tabakalarında bulunan polisakkarit yapıya sahip pektin maddesine etki ederler. Pektin, glakturanon bağları ile birbirine bağlanmış heteropolisakkarit kopleksidir. Enzimler D-poligalakturonik (pektik) asitin metil esterleşmiş α 1,4 bağlarına etki eder (Eker, 2011; Yılmaz 2004).

2.3.2 Selüloz

Selüloz enzimlerinin birçoğu mantar esaslıdır. Tekstil terbiye işlemlerinden biyoparlatmada selüloz enzimi kullanılmaktadır. Selüloz enzimi, selülozu hidrolize etme özelliğine sahiptir (Yılmaz, 2004).

Biyoparlatma işleminde selüloz ve rejenere selüloz esaslı lifler ile bunların farklı oranlarda sentetik liflerle karışımlarından elde edilen dokuma ve örme kumaşlar selüloz enzimi ile ön işleme uğratılarak yüzeyindeki tüylerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Selüloz enzimiyle yapılan biyoparlatma işlemi, pamuk lifinden elde edilen tekstil materyallerindeki boncuklanmayı ve kumaş yüzeyinde oluşabilecek tüylenmeyi azaltmakla birlikte yumuşak bir tutum ve yüksek hidrofilite sağlamaktadır (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

Selüloz enziminin üç şekilde selüloza etkisi vardır. Bunlar;

- Endoselülozlar; selüloz zinciri boyunca β (1-4) bağlarını hidrolize eder.
- Eksoselülozlar; selüloz polimerinin kenarındaki molekülleri hidrolize uğratar.

- Beta-glukosidaz; sellobiz gibi kısa zincirli selüloz oligomerlerini glukozlara parçalar.

Selülazın normal işlem koşulları altında bir enzim olarak aktif hale gelebilmesi için sıcaklık ve pH değerlerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir (Yılmaz, 2004).

Selülaz enziminin tekstil mamullerine sağladığı etkiler;

- Yüzey yumuşaklığı,
- Tutumun genişletilmesi,
- Boncuk, tüycük ve lif uçlarının uzaklaştırılması,
- Merserize mamullerde pürüz efektinin önlenmesi,
- Tutumun genişletilmesi,
- Pürüzsüz ve temiz yüzeyden dolayı artan parlaklık,
- Geliştirilmiş esneklik,
- Yıkamaya karşı dayanım,
- Düşük tüylenme eğilimi,
- Kullanım sırasında neps oluşturmaması,
- Keten ve rejenere selüloz liflerinden yapılan mamullerde tüylülüğü uzaklaştırma,
- Kimyasal maddeler kullanılmadan taş yıkama efekti
- Kullanılmış görünümlü mamul eldesidir (Eker 2011, Yılmaz 2004, Hemmpel 1991).

2.3.3 Lakkaz

Lakkaz enzimi (EC 1.10.3.2, p-difenol:dioksijen oksiredüktaz) fenollerin, aromatik ve alifatik aminlerin monooksidatif reaksiyonlarını katalizleyen enzimlerdir [9]. Lakkaz enzimi hücre dışı bakır içeren, elektron alıcısı olarak moleküler oksijeni kullanmak suretiyle çeşitli fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyen polifenol oksidaz grubudur. Bu enzimin, substrat özgüllüğünün geniş olması nedeni ile çevre kirliliğinin giderilmesinde en çok tercih edilen bir enzimdir (Gedikli vd., 2010).

Kâğıt endüstrisinde, tekstilde ağartma proseslerinde, atık sudan toksik maddelerin uzaklaştırılması, steroid ve antibiyotiklerin taşınması gibi birçok alanda lakkazlardan faydalanılmaktadır (Davulcu, 2008).

2.4 Hidrofilileştirmede Enzim Kullanımı

Pamuk liflerindeki vaks, pektin, yağ, hemiselüloz, protein gibi safsızlıklar lifin tutumunu yumuşatarak, güzel bir tuşe sağlamakta olsa da çoğu hidrofob karakterli olduğundan terbiye işlemlerinde liflerin ıslanmasını ve çözelti almasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple pamuğun hidrofilileştirilmeye ihtiyacı vardır (Toprak, 2014).

Kalite kayıplarını ve kullanılan kimyasal miktarını azaltmak ve çevreyle uyumlu alternatif bir yöntem geliştirmek amacıyla günümüzde enzim kullanımı oldukça artmıştır. Bu işlemde pektinaz enzimi temel enzim iken, yanında proteaz, selüloz ve lipaz enzimleri de kullanılmaktadır (İşmal, 2003).

Pektinaz enzimleri ağartma öncesi pamuklu mamullerin hidrofilileştirmesinde, keten, kenevir, rami, jüt gibi bitkisel liflerin enzimatik havuzlama işlemlerinde ve pamuğun yapısında bulunan pektini uzaklaştırmak amacıyla kullanılır. Son yıllarda pektinaz enziminin, pamukta bulunan pektini uzaklaştırarak pamuğun hidrofilileştirilmesinde kullanımı artmaya başlamıştır (Sancar vd., 2012; Stanescu vd., 2010).

Pamuk liflerinin yüzeylerindeki mikro fibrilleri uzaklaştırma yeteneği olan selüloz enzimleri, pürüzsüz bir yüzey için pamuk liflerini onarması amacı ile çamaşır deterjanlarında kullanılmaktadır. Yıkamalardan sonra selülozların anti-pamuklaşma etkileriyle kumaş yüzeyleri pürüzsüz hale gelmektedir (Eker, 2011; Haliskaranfil, 2012).

1970'lerde deterjan formülasyonunda kullanılmaya başlanan selüloz enzimi, lifin fibrilasyonunu önlemektedir (Şahinbaşkan, 2004). Selülozların ilk uygulama alanları kâğıt, deterjan, tekstil, gıda ve yem endüstrileridir. Bu enzim, dünya piyasasında önemli bir yere sahiptir (Arık vd., 2008). Selülozlar birçok alandaki kullanımlarından dolayı dünya genelinde üçüncü en büyük endüstriyel enzimlerdir. Mikroorganizmalar arasında aerobik, anaerobik bakteriler, beyaz çürükçül ve yumuşak çürükçül mantarlar ve anaerobik

mantarlara kadar selüloz üretimi yaygındır. Selülozlara karşı ortaya çıkan talep çeşitli uygulamalarda kullanılabilirliğinden dolayı sürekli artmaktadır (Haliskaranfil, 2012).

Selülozik liflerin yüzeyindeki tüycüklerin, boncukların, lif uçlarının uzaklaştırılarak yüzey düzgünlüğü sağlanması, özellikle havlı mamüllerde kolay alev alma efektinin ortadan kaldırılması, yüzey görünümü modifikasyonu ve parlaklığının artırılması, yumuşak ve dökümlü tutum sağlanması, denim kumaşlara ponza taşı kullanmaksızın eskitilmiş görünüm verilmesi ve moda uygun görünüm özellikleri kazandırılması gibi kumaş performansı amacı ile tekstil endüstrisinde selüloz enzimleri kullanılmaktadır (Davulcu, 2008).

Pamuk lifinden elde edilen materyallerde lakkaz enziminin ağartma etkisi son dönemlerdeki önemli araştırma konularından biridir. Lakkaz enziminin ağartma etkisi bir hipoteze göre, lakkazın selüloza renk veren maddeyi başka bir renkli bileşene dönüştürdüğü düşünülmektedir. Lakkaz enzimi ön terbiye işlemi sonrasında boyanan selülozik materyallerin yıkamaya karşı renk haslıklarını önemli ölçüde iyileştirmektedir (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

Lakkaz enzimleri, oksidatif enzimlerin bir grubu olup, son yıllarda, büyük oranda parçalanmayan çevresel kirliliklerin yanı sıra hem fenolik hem de fenolik olmayan lignin esaslı bileşenleri yükseltgeyebilme yetenekleri nedeniyle oldukça ilgi çekmekte ve bu avantajları sayesinde pek çok biyoteknolojik proses uygulamasında kullanılabilmektedirler (Sancar vd., 2012; Demiralp vd., 2015).

Lakkazların tekstil atık sularının renksizleştirilmesinin yanı sıra tekstillerin ağartılmasında, kaynatılmasında, denim yıkamada ve hatta boyarmaddelerin sentezinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda lakkaz enzimleri, redoks araçları ile birlikte kullanıldığında ise indigo boyasının beyazlatılmasını sağlayarak, kullanılmış görüntüsü veren kotların üretiminde kullanılmaktadır (Sancar vd., 2012; Demiralp vd., 2015; Arık vd., 2008).

Son yıllarda selülozik mamüllerin hidrofilleştirme işleminde kullanımı, tekstil endüstrisinde yerini almıştır. Pektinaz başta olmak üzere selüloz, lipaz ve proteaz gibi enzimler enzimatik hidrofilleştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Enzimatik proses doğrudan selülozik olmayan safsızlıkları hedef alır. Örneğin, pektinazlar pektinik maddelerin dekompozisyonu için, proteazlar proteinler için ve lipazlar yağlar için kullanılmaktadır. Doğal pigmentler selülozik olmayan safsızlıklarla birleştirirler ve biyohidrofilileştirmede uzaklaştırılabilirler. Enzimatik proses, daha az enerji yoğunluğu ve daha çok çevre dostu olmasıyla birlikte klasik hidrofilileştirme proseslerine göre life daha az zarar vermektedir (Davulcu, 2008).

Liflere uygulanan hidrofilite işleminin iyi olması boyarmadde alımını ve bitim işlemi uygulamalarını olumlu yönde etkilemektedir (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

Pamuklu mamüllerin ön terbiyesinin klasik yöntemlerle yapılması, kullanılan kimyasal ve yardımcı maddelerin yüksek sıcaklıkta ön terbiye işlemlerinde istenmeyen durumlara sebep olmaktadır. Bu durumlar; liflerin mukavemetinde azalma, oksiselüloz oluşumu, tutumda meydana gelen olumsuzluklar ve liflerin ortalama polimerizasyon derecesinin düşmesidir. Hidrofilileştirme işleminde enzim kullanımı ile daha ılıman şartlarda çalışıldığında bu olumsuzluklar önlenabilmektedir.

2.5 Mikrodalga Işınması

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumun radyo dalgaları (Rf) ile kızıl ötesi ışınları (IR) arasındaki bölümde kalırlar. MW' lar dalga boyları 0.1 cm ile 100 cm ve frekansları 300 MHz ile 300 GHz aralığında değişen elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalga (MW) ışınlarının enerjisi bir kimyasal bağ enerjisine (335-84 kJ/mol) göre çok düşük (0.125 kJ/mol) olması sebebiyle MW ışınları maddenin molekül yapısını direkt olarak etkilememekte ve atomların elektronik yapısını değiştirmemektedir.

Maddelerin mikrodalga radyasyonundan etkilenmeleri farklılık göstermektedir. Bazı maddeler MW ışınlarını yansıtırken, bazıları bu ışınları geçirirler, bazıları da absorblarlar. Işını absorblayan maddeler ısınır. Mikrodalga ısıma ile ısıtma, konvansiyonel ısıtma tekniklerine alternatif bir teknik olarak sunulmakla birlikte, hızlı, uniform ve etkin bir ısıtma sağladığından avantajlı bir teknik konumundadır. Mikrodalga enerjisi kolaylıkla maddenin partikülleri içine kolayca nüfuz etmesinden dolayı, maddenin bütün partiküllerinin aynı zamanda ısıtılması mümkün olmaktadır. Böylece ısı transferi nedeniyle oluşabilecek problemler bertaraf edilmiş olmaktadır (Yüce, 2010).

Mikrodalga fırınlarında kullanılan ısıma; radar teçhizatında, telefonda, televizyonda, radyo ve iletişim araçlarında olduğu gibi iyonlaşmayan seviyede elektromanyetik ısımadır. Mikrodalga ışımayı radyoaktif ısımadan ayıran temel fark radyoaktif ısımanın iyonize olmasıdır (Büyükakıncı, 2005).

2.5.1 Tekstil Alanında Mikrodalga İle Yapılan Çalışmalar

Mikrodalga teknolojisinin tekstil terbiyesinde kullanımıyla ilgili uygulamalar ve araştırma geliştirme çalışmaları; ısıtma, kurutma, kondenzasyon ve boyama ile baskıda fiksaj gibi alanları kapsar. Tekstildeki uygulamalarda ısıtma işlemi özellikle boyama yöntemlerinde boyamayı hızlandırmak, boya çekimini arttırmak için kullanılmaktadır.

Konvansiyonel ısıtma kaynakları boyanın migrasyonuna neden olması sebebiyle günümüzde mikrodalga enerjisi gibi alternatif enerji kaynakları ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda mikrodalga enerjisinin tekstil malzemelerinin boyanmasında, terbiye işlemlerinde, tekstil malzemelerinin yüzey yapılarının değiştirilmesi ve apre uygulamaları amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda genel olarak mikrodalga enerjisinin uniform ısıtma sağlaması nedeniyle uygulanan yöntem sürelerinin kısaldığı ve uygulanan yöntemlerin etkinliğinin arttığı vurgulanmaktadır (Yüce, 2010).

Mikrodalga ile ısıtmanın daha hızlı, etkin, uniform ve partiküllerin içine kadar nüfuz edebilen bir ısıtma yöntemi olduğu kanıtlanmıştır. Pamuğun selüloz yapısına mikrodalga enerjisinin etkisini araştırmak için çeşitli koşullarda mikrodalga enerjisi selülozik kumaşa uygulanmış, kumaşın termal stabilitesi ve morfolojik yapısı incelenmiştir. Selülozik kumaşın kristalinitesi artarken fiziksel özelliklerinde iyileşme gözlenmiştir (Yüce, 2010).

2.6 Reaktif Boyarmaddeler ile Pamuklu Materyallerin Boyanması

Reaktif boyarmaddeler, lifleri oluşturan polimer molekül ile bir kimyasal reaksiyon vererek kovalent bağ ile bağlanan boyarmaddelerdir. Bu boyarmaddeler, doğal liflerin yanı sıra rejenere selüloz esaslı, doğal protein ve poliamid lifleri de boyamada kullanılmaktadır.

Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısında bulunan dört ayrı grup Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısal özellikleri (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

S: Moleküle çözünürlük sağlayan grup (Suda çözünebilen grup),

C: Moleküle renk veren grup,

B: Bağ grubu,

R: Reaktif grup

Moleküle çözünürlük sağlayan grup (S); çoğunlukla bir veya birkaç sülfon grubudur. Reaktif boyarmaddelere de çözünebilme özelliği kazandırmaktadır. Moleküle renk veren grup (C); genellikle azo ve antrakinin yapısındadır. Bağ grubu (B); boyarmaddenin kimyasal reaksiyonunu sağlayan reaktif grup ile boyarmaddenin renkli kısmı arasında bir köprü görevi görmektedir. Sülfonamid, amid vb. yapıda olan bu grupla, aynı zamanda reaktif grubun reaktivitesini artırıcı bir rol oynamaktadır. Reaktif grup (R); elyaf polimeri ile boyarmadde molekülünün kimyasal olarak bağlanmasını sağlayan gruptur. Yapı bakımından birçok reaktif grup kullanılmasına rağmen bugün için, triazinil grubu içeren boyarmaddeler, vinil sülfon grubu içeren boyarmaddeler ve bu iki grubu aynı boyarmadde molekülünü taşıyarak bifonksiyonel grup içeren boyarmaddeler olmak üzere önemli üç grup sayılabilir.

Reaktif grubun bir lifle bağlanması için lifin yapısında -OH, -NH₂ gibi gruplar bulunması gerekmektedir. Alkali ortamda bu gruplar ile reaktif grup arasında bir reaksiyon meydana gelerek iki molekülün birbirine kovalent bağ ile bağlanması gerçekleşmektedir.

Reaktif boyarmaddeler, farklı yapıdaki lifleri boyayabildiğinden, boyama yöntemleri farklılık gösterir. Bu nedenle her lif türü için boyama yöntemi ayrı olacaktır. Sodyum klorür ya da sodyum sülfat gibi bir elektrolit kullanılarak reaktif boyarmadde içeren banyoda, materyal reçetede verilen sıcaklık derecesinde bekletilmektedir. Bu işlemle boyarmadde substantif olarak elyaf içindeki amorf bölgelere yerleşmiş olmaktadır. Bundan sonraki işlem boyarmadde ile elyaf polimerini kimyasal reaksiyona sokarak birleştirmek, yani selülozdaki serbest -OH grupları ile boyarmaddenin reaktif grubunun kovalent bağ ile birleşme reaksiyonunun alkali ortamda gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Ortamın alkali

olmasını sağlamak için uygun miktarlarda sodyum hidroksit ya da sodyum karbonat kullanılmalıdır. Banyonun sıcaklığı boyarmadde molekülünün yapısına bağlı olarak belli bir değerde tutulmaktadır.

Banyo sıcaklığı ve reaksiyon süresi, boyarmadde üretici firma tarafından, kataloglarda verilmektedir. Reaktif boyarmaddeler, alkali ortamda, lifin polar grupları yanında, su moleküllerindeki polar –OH gruplarıyla da reaksiyona girebilmektedir.

Reaktif boyarmaddelerin renk serisi çok geniş, renkleri parlak, haslık özellikleri de oldukça yüksektir. Bu nedenlerden dolayı günümüzde selülozik esaslı liflerin boyanmasında sıklıkla tercih edilmektedir. Reaktif boyarmaddelerle boyanan tekstil materyallerinin ı ışık, yıkama, sürtünme ve yükseltgenlere karşı haslık özellikleri oldukça yüksektir (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004).

2.7 Literatür Özeti

Duran vd. (2007), liflere uygulanacak ön terbiye işlemleri, lif cinsine göre farklılık göstermekte ve bu işlemler life, aynı zamanda çevreye zarar vermektedir. Günümüzde, doğal protein olan enzimlerin tekstil terbiyesinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu sayede işlemler ekolojik olmakta ve mamulün doğal özellikleri korunarak katma değeri artmaktadır.

Çalışmada, yünlü ve ipekli mamullerin ön terbiyesinde kullanılan enzimler üzerine yapılmış olan uygulamalar bir araya getirilmiştir. Ekolojik olarak ön terbiye olanağı sağlayan enzimlerle protein esaslı mamullerin ön terbiyesi, araştırma-geliştirme aşamasında olmakla birlikte yakın zamanda tekstil terbiyesinde önemli bir yer alması beklenmektedir.

Balcı vd. (2010), bu çalışmada biyoparlatma amaçlı olarak kasar sonrası kumaşlara uygulanan selüloz enzim uygulaması ile renklendirme prosesinin kombine edilmesi ve yeni “hızlı proses” olarak adlandırılan bu uygulamanın performans üzerine etkileri incelenmiştir.

Çalışmada ön terbiye işlemleri sonrası biyoparlatma işleminin ve renklendirme prosesinin kombine edilmesi için uygun şartların belirlenmesi ve yeni hızlı boyama prosesinin üretimi yapılan materyale etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

120 deneme yapılan çalışmada, kullanılan reaktif boyarmaddenin cinsi, renk şiddeti, proses pH'ı ve kullanılan selüloz enzim derişimi değişken olarak seçilmiştir. Elde edilen numunelere boncuklanma ve aşınma dayanımı testi yapılmış, konvansiyonel ve hızlı prosesde yeterli performans sağlandıktan sonra renk ölçümü ve renk haslığı testleri uygulanmıştır. Renkte kabul edilebilir sapmalar olmakla birlikte renk haslık sonuçlarına bakıldığında konvansiyonel prosesler ile kombine olarak uygulanan prosesler arasında önemli bir fark görülmemiştir. Maliyet açısından incelendiğinde yeni “hızlı prosesin” zaman, su tüketimi ve işçilik parametreleri yanında enerji tasarrufu da sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, kumaş kalitesinden ödün vermeyen ve üretim maliyetleri açısından olumlu sonuçlar veren kombine prosesin uygulanabilirliği tespit edilmiştir.

Öner ve Yılmaz Şahinbaşkan (2011), ham pamuklu kumaşa amilaz, pektinaz ve katalaz enzimleri ile aynı banyoda haşıl sökme, hidrofilleştirme ve beyazlatma işlemlerinin ardından, reaktif boyarmadde ile boyama işlemi yapılmıştır. “Hızlı Enzimatik Tek Banyo Uygulaması” (REST) adı verilen bu kombine işlem için laboratuvar ölçekli boyama makinesi, jigger ve haspel kullanmıştır. İlk olarak amilaz ile haşıl sökme yapıldıktan sonra aynı banyoya pektinaz ilave edilerek hidrofilleştirme yapılmış, ardından aynı banyoya hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilerek ağartma yapılmıştır. Reaktif boyamadan önce hidrojen peroksit atıklarını gidermek için katalaz enzimi ilave edilmiş ve bu işlemler arasında ara yıkama-durulama işlemi yapılmıştır. Reaktif boyama aynı banyoda geleneksel bir şekilde gerçekleştirilerek, kumaş banyodan alınarak yıkama işlemine geçilmiştir. Bu yöntemle yapılan işlemin sonuçları konvansiyonel yöntemin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

REST ve geleneksel yöntemle göre boyanmış kumaşlardaki boyama sonuçları arasındaki renk farklılıklarını en aza indirmek için boyarmadde kimyasal yapısı, enzim-boyarmadde ilişkisi ve proses hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekli görülmüştür.

REST ile boyanmış kumaşlar, geleneksel olarak boyanmış kumaşlara oranla iyi derecede yıkama haslığı (4-5), kuru ve yaş sürtme haslığı (4-5), lekeleme haslığı (4-5) vermesinin yanında, geleneksel işlem süresinden yaklaşık olarak % 50 daha kısadır.

Renk değerlerinin iyileştirilmesi için boyamadan önce kirli suyun 1/2' sini veya banyonun 1/3' ünü taze su ile değiştirilmesi ve REST' de boyamadan önce banyoyu kurutma işleminin yapılması gerekmektedir.

REST yönteminde su tüketimi, geleneksel işlemlerin yaklaşık 1/3'ü kadardır. Böylece su ve ısıtma enerjisi tasarrufu yanında çevreye verilen zararın en aza indirilmesi anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak REST, pamuklu kumaşların geleneksel hazırlama ve boyama işlemiyle karşılaştırıldığında, su tasarrufu, kısalan işlem süresi ve enerji tüketimi açısından olumlu sonuçlar vermektedir.

Sancar vd. (2012), çalışmada, % 100 pamuklu 2/1 S dimi ham dokuma kumaşların ön terbiyesinde tamamen enzim kullanılarak çevre dostu bir ön terbiye prosesi uygulama, amilaz ve pektinaz enzimlerini kombine çalışarak işlem adımlarını kısaltma ve ağartma işlemlerinde lakkaz enzimi kullanılma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla uygulanan her bir işlemde sonra kumaşların haşıl sökülebilirlik, hidrofilite ve beyazlık özellikleri incelenmiştir; ayrıca ön işlemi tamamlanmış kumaşlar üç farklı konsantrasyonda boyanarak, boyama sonrası CIELab değerleri ve haslık sonuçları da incelenmiştir.

Konvansiyonel ön işlem denemeleri karşılaştırmalarda referans alınmak amacıyla yapılmıştır. Proseslerin hidrofiliteyi kıyaslandığında en iyi sonucun amilaz ve pektinazın kombine kullanıldığı proseslerde elde edildiği, referans olan konvansiyonel ön işlemde hidrofilitenin diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca amilaz ve pektinazın kombine olarak veya ayrı ayrı uygulanmasının haşıl sökölme derecesi, hidrofilite ve haslıklar üzerinde fark olmadığı, performansı düşürmediği görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde, pamuklu dokuma kumaşların ön terbiyesinde haşıl sökme ve hidrofilileştirme işlemlerini tek banyoda yapmak, ayrı ayrı uygulamaktan daha uygun

olacağı ve bu sayede önemli ölçüde su, enerji ve zaman tasarrufu sağlayacağı tespit edilmiştir.

Mavruz ve Oğulata (2007), çalışmada, biyoparlatma işleminin örme kumaşların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini araştırmak için Ne 30/1 iplikten örülmüş %100 pamuklu süprem kumaş kullanılmıştır. Üç farklı selüloz enzimi kullanılarak, enzim türünün kumaş özelliklerine etkisinin yanında enzim konsantrasyonunun da etkisi incelenmiştir. Kumaşlardan bir kısmı enzimsiz olarak çalışılarak, referans olarak kabul edilmiştir. Makine farklılığının kumaşlar üzerindeki etkisini engellemek amacıyla bütün işlemler aynı jet boyama makinesinde uygulanmıştır.

Biyoenzim ile işlem gören kumaş numunelerinin gramaj değerlerinde artış olmuştur. “Kumaşlarda biyoparlatma işlemi ile çekme yönünde oluşan boyut değişiminde, en fazla gramaj artışı B olarak adlandırılarak biyoenzimi ile işlem gören kumaş numunelerinde olduğu tespit edilmiştir.

Biyoenzim ile işlem görmüş olan bütün numunelerin boncuklanma sonuçları enzimsiz numuneye göre oldukça iyi değerlerde olmakla birlikte, devir sayısı arttıkça değerlerde düşüş olduğu görülmüştür. Biyoparlatma işlemi ile kumaş yüzeyinden tüycüklerin uzaklaştırılması sonucu boncuklanma değerlerinde iyileşme gözlenmiştir.

Numune kumaşların, yıkama ve tükürük haslık değerleri genelde iyi çıkmıştır(4-5). Enzim uygulamasının yıkama haslığı üzerinde değişim meydana getirmediği, genelde E olarak adlandırılan biyoenziminin ter haslığını daha olumsuz etkilediği, K2, K6 ve K7 kodları verilen numunelerinin en iyi sürtünme haslığı sonuçlarını verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Keskin (2006), bu çalışmada, gözle ve cihazla haslık testlerini değerlendirip her iki yöntemin uyumunu kumaş türü, renk grubu ve açıklık-koyuluğa göre incelenmesi amaçlanmıştır.

Uygulamada % 100 pamuklu, kasarlı ve merseze olmuş bezayağı, 3/1 dimi ve 5/1 saten dokuma örgüsüne sahip üç farklı kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar, reaktif Remazol %100 konsantrasyonlu toz halinde Red GWF, Blue RR ve Yellow 4GL boyarmaddeleriyle ve bunların kombinasyonlarıyla % 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 olmak üzere

toplam 12 konsantrasyonda 252 numune boyanmıştır. Her numuneye yıkama, ter ve sürtme haslık testleri uygulanmıştır. Sonuçlar, gözle ve spektrofotometre ile değerlendirilmiştir. Açık renk farklarında iki yöntemin, orta renk farklarına göre daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Karapınar ve Sarıışık (2004), çalışmada eşit atkı ve çözgü sıklığına sahip, %100 pamuklu kumaşların ıslanabilirlik ve emicilik özelliklerine enzimlerin etkilerini incelemek üzere pektinaz, proteaz ve selüloz enzimleri ile altı farklı kombinasyonda, farklı terbiye sürelerinde (30, 60, 90 dk), aynı banyoda tek enzim veya farklı enzim kombinasyonları ile uygulamalar yapılmıştır.

Çalışmada kullanılacak kumaşlara üç farklı ön işlem uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla; 100°C' de suda kaynatma, α -amilaz enzimi ile haşıl sökme ve 100° C' de suda kaynatma, ardından α -amilaz ile haşıl sökme işlemleridir. Bu ön işlemlerin uygulandığı kumaşlara sırasıyla A, B, C kodları verilmiştir.

Enzimatik haşıl sökme işleminin etkili bir hidrofilleştirme için yeterli olduğu ve selülozın olduğu kombinasyonlardan sonuçların daha iyi olduğu ve enzimatik hidrofilleştirmelerinin hiçbirisi alkali hidrofilleştirmeden daha iyi sonuçlar vermediği gözlemlenmiştir. Testler sonunda yeterli ıslanabilirlik ve emiciliğe ulaşabilmek için selüloz+pektinaz ve selüloz+pektinaz+proteaz enzim kombinasyonlarının diğer enzim kombinasyonlarından daha olumlu sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Gürten (2008), Başlangıç maddesi olarak alınan çay fabrikasının çay atıklarının, iki farklı boyuta sahip fraksiyonu kullanılmıştır. Kül ve nem içeriği standart yöntemlerle belirlenmiştir.

Çay atığından iki farklı yöntemle yapılan gözenekli katı üretiminde ilk yöntemde; geleneksel gözenekli katı üretim yöntemi, ikinci yöntemde kimyasal yöntem ek olarak yeni bir yöntem olan mikrodalga ön işlemidir. Her iki yöntemde de hammadde, kimyasal aktivasyon ve karbonizasyon işlemlerine tabi tutulmuştur. İnsan sağlığına ve çevreye zararsız K₂CO₃ (potasyum karbonat) kimyasalı ile kimyasal aktivasyon gerçekleştirilmiştir. Gözenekli katı, konvansiyonel yöntem mikrodalga ön işleminin entegre edilmesiyle uygulanan yeni bir yöntem ile üretimi yapılmıştır.

Konvansiyonel yöntemde, üretim yöntemi (kimyasal aktivasyon, yalnız karbonizasyon), kütlece K_2CO_3 /çay atığı oranı, kimyasal aktivasyon süresi, karbonizasyon sıcaklığı ve süresinin son ürüne etkileri belirlenmiştir. Ürün, yüzey alanı, gözenek boyut dağılımı ve yoğunluğuna göre karakterize edilmiştir. Mikrodalga ön işlem yönteminde, ortamdaki su miktarının, ön işlem süresinin ve mikrodalga kullanımının etkisi araştırılmıştır.

Kimyasal aktivasyonun, yüksek yüzey alanı ve gözenekliliğe sahip katı madde üretiminde önemli bir yer sahip olduğu, kullanılan K_2CO_3 (potasyum karbonat) miktarının ve kimyasal aktivasyon işlemi süresinin gözenek gelişimini etkilediği, karbonizasyon sıcaklığının ve süresinin ise hem yüzey özellikleri hem de ürün verimi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Mikrodalga ön işleminde ise kimyasal aktivasyon işlem süresini azaltarak, zamandan ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır.

Yüce (2010), çalışmada endüstride çok tüketilen % 55/45 poliestere/yün karışımlarının tek banyoda, iki boyarmadde sınıfının (dispers ve 1:2 metal kompleks) karışımı olan Forosyn (Clariant) boyarmaddeleri ile konvansiyonel yöntem (HT) ve alternatif bir yöntem olarak mikrodalga (MW) enerjisinin kullanıldığı yöntem kıyaslanarak en uygun yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan boyamalar sonucunda boyama verimi, boyamaların tekrarlanabilirliği, haslık değerleri, ipliklerin mukavemeti, boyama süresi, enerji sarfıyatı ölçülmüş ve en verimli boyama yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

Mikrodalga enerjisi ve konvansiyonel yöntem ile yapılan boyamalar karşılaştırıldığında konvansiyonel yöntemle yapılan boyamalarda daha iyi renk verimi olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga yönteminde ise daha kısa sürede ve daha az enerji kullanılarak boyamalar gerçekleştirilmiştir.

Konvansiyonel yöntem ve mikrodalga yöntemi ile boyamalarda yapılan yıkama haslık testlerinde mikrodalga yöntemi ile boyanan kumaşların multifiber kumaşını daha fazla kirlettiği tespit edilmiştir. Bundan dolayı konvansiyonel yöntemin haslıklar yönünden daha iyi bir yöntem olduğu gözlenmektedir. İki yöntemin boyama sonrası yapılan mukavemet testlerinde mikrodalga yönteminde boyanan ipliklerin mukavemetinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Merdan vd. (2013), bu çalışmada %2.5, 5 ve 10 konsantrasyonunda maleik anhidrit ile kenevir lifleri çalışılmıştır. Kenevir liflerinin maleik anhidrit ile işleminde iki yöntem kullanılmıştır. Bunlar; konvansiyonel ve mikrodalga yöntemleridir. Tekstil yaş işlemleri için oldukça yeni bir yöntem olan mikrodalga yönteminin, düşük enerji tüketimi ile hızlı ve kısa işlem süresi gibi bazı avantajları vardır.

İşlem görmemiş kenevir lifinin kopma dayanımı ve kopma uzaması değerleri ile mikrodalga yöntemi sonucunda elde edilen değerlerle kıyaslandığında, işlem görmemiş lifin değerlerine göre uzama değerlerinde, kaybın konvansiyonel yönteme göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga yönteminde süre kısaldıķa uzama değerlerinde artış görülmüştür.

Sonuç olarak, kenevir lifi yüzey işlemlerinde mikrodalga enerji kullanımı, süreyi kısaltmakta, bu kısalan sürede kimyasal maddeden en uygun yararlanma sağlanmakta, kullanılan su miktarında ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel çalışmalar Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1 Araştırma Yöntemi

NaOH ile ön işlem, Pektinaz ile ön işlem, Selüloz ile ön işlem, Lakkaz ile ön işlem; Pektinaz ile işlem gördükten sonra Selüloz ile ön işlem, Pektinaz ile ön işlem gördükten sonra Lakkaz ile ön işlem; Pektinaz ve Selüloz ile ön işlem gördükten sonra Lakkaz ile ön işlem, Pektinaz ve Lakkaz ile ön işlem gördükten sonra Selüloz ile ön işlem olmak üzere altı farklı ön işlem hem konvansiyonel olarak hem de mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu altı farklı ön işlemler aşağıda verilmiştir.

- NaOH
- Pektinaz, Selüloz, Lakkaz
- (Pektinaz)+Selüloz
- (Pektinaz)+Lakkaz
- (Pektinaz+Selüloz)+Lakkaz
- (Pektinaz+Lakkaz)+Selüloz

Örme kumaş numuneleri farklı enzim ve yöntemler kullanılarak ayrı banyolarda ön işleme tabi tutulmuştur. Uygulama yapılan iki yöntemde de aynı şartlarda çalışılmıştır. Mikrodalga Yönteminde Konvansiyonel Yöntemden farklı olarak işlem süresi daha kısa tutulmuş, buna karşın konvansiyonel yöntemle yakın sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Enzimatik ön işlem görmüş kumaş numunelerine hidrofilite, beyazlık/sarıklık indeks ölçümleri ve boncuklanma testleri uygulanmıştır. Aynı zamanda tüm ön işlem görmüş numuneler C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile boyanarak elde edilen ön işlem performansının boyama sonuçlarına etkisi değerlendirilmiştir. Boyanmış numunelere ait CIELab değerleri, renk farklılıkları (ΔE^*), yıkama ve sürtünmeye karşı renk haslık testleri ile boncuklanma testleri yapılmıştır.

3.2 Araştırma Araçları, Test Metodları ve Standartları

Uygulamalarda kullanılacak kumaşın ilk olarak gramajı ve lif cinsi tespit edilmiştir. Kumaşlara yapılan boncuklanma testi kondüsyonlanmış ortamda (20 ± 2 °C ve %65 $\pm$ 2 nem) gerçekleştirilmiştir.

Kumaş numunelerine ait beyazlık/sarıklık indeksi ve CIELab renk ölçümleri reflektans spektrofotometresinde gerçekleştirilmiştir.

Damlatma testi ile hidrofilite derecesinin tayini, AATCC 79-2007 standardına göre, 1 mL suyu 15-25 damlada damlatabilen pastör pipeti, kumaş numunelerinin test sırasında gergin tutulabilmesi için kasnak ve bir kronometre (1/10 saniye bölüntülü) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üçer kez tekrarlanmak sureti ile damlatma yapılmış ve süre sonuçlarının aritmetik ortalaması esas alınmıştır (Yılmaz Şahinbaşkan, 2004, URL-1, 2017).

Deneysel çalışmaları gerçekleştirebilmek için kullanılan laboratuvar malzemeleri, cihazlar ve üretici firmaları Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 4: Uygulamalarda kullanılan cihazlar ve üretici firmaları.

Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihaz	Üretici Firma
Isıtıcı	Kermanlar RCA
Mikrodalga	Arçelik (MD 891 I)
10 ⁻³ Gram Hassasiyette Terazi	Denver Instrument
Etüv	Lindberg/Blue
Işık Kabini	James Heal
Reflektans Spektrofotometresi	x.rite
Yıkama Haslığı Test Cihazı	James Heal
Sürtünme Haslığı Test Cihazı	James Heal
Boncuklanma (abrasion/pilling) Testi	James Heal
Goniometre (Yüzey Temas Açısı) Test Cihazı	PG-X Measuring Head

Çalışmalarda enzimatik ön işlem ve boyama sonrasında kumaşlara yapılacak testler ve uygulanan standart yöntemler Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5: Uygulamalarda kullanılan testler ve standartlar.

Deneyisel Çalışmada Yapılan Testler	Kullanılan Standart Numaraları
Yıkamaya Karşı Renk Haslığı Tayini	ISO 105-C06, A1S
Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı Tayini	ISO 105-X12
Boncuklanma Test Tayini	ISO 12945:2002
Beyazlık İndeksi Ölçümü (WI73)	AATCC 110-2005
Sarılık İndeksi Ölçümü	ASTM-E313-1998
Damlatma Testi ile Hidrofilite Derecesinin Tayini	AATCC 79-2007

3.3 Uygulamalar

3.3.1 Amaç

Ham haldeki %100 pamuklu örme kumaşa konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yardımıyla farklı enzimlerle ön işlem uygulanmıştır. Enzimatik ve farklı kombine ön işlem uygulaması sonrasında kumaşın hidrofilleştirilmesi, beyazlatılması ve reaktif boyarmadde ile boyanması işlemleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen kumaşlara uygulanan hidrofilité, beyazlık/sarıklık ve boncuklanma test performansları iki yönteme göre NaOH ile ön işlem gören numuneler ile karşılaştırılmıştır.

Mikrodalga enerjisi ile konvansiyonel yönteme göre daha kısa sürede daha az enerjiye ve suya ihtiyaç duyan çevre dostu proseslerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kısalan işlem süreleri ve su gereksinimindeki azalma kombine işlemlerinin avantajını oluşturmaktadır.

3.3.2 Materyal

3.3.2.1 Enzimatik Ön İşlem Görecek Materyal

Uygulamalarda, Ne 30/1 iplikle örülmüş %100 pamuklu örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşın gramajı 145 g/m^2 dir. Ham haldeki bu kumaştan beş gram ağırlığında örnekler ile çalışılmıştır.

3.3.2.2 Uygulamalarda Kullanılan Kimyasal Maddeler

Uygulamalarda kullanılan kimyasal maddeler, ticari adları ve üretici firmaları Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6: Uygulamalarda kullanılan kimyasal maddeler.

Madde Adı	Ticari Adı	Üretici Firma
Su	Destile Su	-
Islatıcı	Uniwett HGA	Alfa Kimya
Pektinaz	Scourzyme L	Novozymes
Selüloz	Cellusoft L	Alfa Kimya
Lakkaz	Novalite IIS	Alfa Kimya
Sodyum Hidroksit(NaOH)	Sud-Kostik, E524	Merck
Boyarmadde	C.I. Reactive Black 5 Remazol Black B	Dystar
Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄)	Tuz	Merck
Sodyum Karbonat(Na ₂ CO ₃)	Soda	Merck
Asetik Asit(CH ₃ COOH)	-	Merck
Yıkama Maddesi	Perlavin OSV	Dr. Petry
Deterjan	ECE Phosphate Reference Detergen(B)	SDC Enterprises Limited

3.3.2.2.1 Islatıcı

Uygulamalarda ıslatıcı olarak kullanılan Uniwett HGA (Alfa Kimya); hızlı ıslatma, yıkama, emülsifiye ve dispersiyon gücüne sahiptir. Alkaliye dayanıklılığı, hava çıkarıcı özellikleri ve köpük yapmaması sebebiyle her türlü elyafın pişirme, ağartma gibi ön işlemlerinde ve fulard boyamalarda seri ıslatıcı olarak kullanılabilir. Noniyonik/anyonik yapıdadır. pH 6.5-7.5 değer aralığında çalışmaya uygun, soğuk su ile kolayca çözülebilen, oksidasyon ve redüksiyon dayanıklı bir ıslatma maddesidir (Yılmaz, 2004).

3.3.2.2.2 Sodyum Hidroksit (NaOH)

Sodyum hidroksit, tekstil materyalinin ön terbiyesinde, selülozik elyafa uygulanan kaynatma/pişirme ve ağartma işlemlerinde kullanılan bazik bir maddedir. Ayrıca boyama ve diğer işlemlerde alkali ortamın sağlanmasında da kullanılabilir (Yılmaz, 2004).

3.3.2.2.3 Pektinaz Enzimi

Pektinaz enzimi olarak kullanılmış olan Scourzyme L (Novozymes), genetik olarak modifiye edilmiş *Bacillus* mikroorganizmasının fermantasyonuyla üretilmiştir. Bu enzim, selülozda hiçbir bozunmaya neden olmadan pamuk elyafının birincil hücre duvarından pektinin uzaklaştırılmasını sağlar. Materyal ağırlığının % 0.4-0.5'i kadar enzim miktarı ile pH 8-9 aralığında, 50°-65°C sıcaklıkta, 120 dakikayı geçmemek şartı ile en az 10 dakika çalışılması uygundur (Yılmaz, 2004).

3.3.2.2.4 Selülaz Enzimi

Selülaz enzimi olarak kullanılan Cellusoft L (Novozymes), pH 4.5-5.5 aralığında, 40°-55°C' de, 20-30 dakikada, ortalama 1gram/litre enzim kullanımı ile gerçekleştirilen işlemlerde selülaz esaslı tekstil materyalinin boncuklanma eğilimini en aza indiren sonuçlar sağlamaktadır.

3.3.2.2.5 Lakkaz Enzimi

Lakkaz enzimi olarak kullanılan Novalite II S (Novozymes), pH 4.5-5.5 aralığında, 45°-55°C de, 25-35 dakikada, %1-2 enzim kullanımı ile etkili sonuçlar sağlamaktadır.

3.3.2.3 Boyarmadde

Deneyisel çalışmada ticari adı Remazol Black B (Dystar), color indeks numarası C.I. Reactive Black 5 olan boyarmadde kullanılmıştır.

3.3.3 Yöntemler

Enzimatik ön işlem görecektir pamuklu kumaş, beşer gramlık kumaş numuneleri şeklinde hazırlanmış, hem konvansiyonel yöntem; hem de mikrodalga enerjisi yardımıyla ayrı ayrı ön işlem uygulanmıştır.

Konvansiyonel yöntemde, Kermanlar RCA marka ısıtıcı ile mikrodalga enerjisi yardımı ile uygulanan yöntemde ise Arçelik marka MD 891 I model, 2450 MHz frekanslı ve 1200 W maksimum güçteki mikrodalga fırınında çalışılmıştır.

3.3.3.1 Sodyum Hidroksit ile Hidrofilileştirme

Sodyum hidroksit ile hidrofilileştirme reçetesi Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7: NaOH Uygulama prosesi.

	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
Materyal Ağırlığı	5 gram	5 gram
Islatıcı	0.2 mL/L	0.2 mL/L
NaOH	10 g/L	10 g/L
Sıcaklık	95°C	95°C
Süre	60 dk	3 dk 30 sn (P100) + 2 dk 30 sn (P20)
pH	11	11
Banyo Oranı	1/40	1/40

Konvansiyonel yöntemde hazırlanan banyonun sıcaklığı ısıtıcı yardımıyla 55°C’ye geldiğinde içerisine numune eklenerek 60 dakika ön işleme tabi tutulur. Daha sonra yıkama işlemine geçilir.

Mikrodalga, P100 programına ayarlanarak %100 güç ile 3 dakika 30 saniyede banyonun sıcaklığı 95°C ye getirilmektedir. Daha sonra numune eklenen banyo sıcaklığı, 95°C’ de sabit sıcaklıkta kalabilmesi için mikrodalga P20 programında, sıcaklığın 95°C’de kalabilmesi için %20 güç oranında 2 dakika 30 saniye süresince ön işleme tabi tutulur. Ardından yıkama işlemine geçilir.

Yıkama işlemi konvansiyonel yöntemde göre yapılarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada numune kumaş, kaynar sıcaklıktaki 200 mL destile suda 10 dakika; ikinci aşamada 70°C’ deki 200 mL destile suda 10 dakika, üçüncü aşamada ise oda sıcaklığındaki

200 mL soğuk destile suda 10 dakika yıkama işlemine tabi tutulur ve açık havada kurutulur.

3.3.3.2 Pektinaz Enzimi ile Hidrofilileştirme

Pektinaz ile hidrofilileştirme reçetesi Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8: Pektinaz enzimi uygulama prosesi.

	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
Materyal Ağırlığı	5 gram	5 gram
Islatıcı	0.2 mL/L	0.2 mL/L
Pektinaz Enzim Miktarı	% 1.8 (e.a.ü)*	% 1.8 (e.a.ü)*
Sıcaklık	55°C	55°C
Süre	30 dk	1 dk 40 sn (P60) + 1 dk 30 sn (P20)
pH	8.2 – 8.5	8.2 – 8.5
Banyo Oranı	1/40	1/40

*(e.a.ü) : Elyaf ağırlığı üzerinden

Konvansiyonel yöntemde her numune kumaş için hazırlanan 200 mL’lik beherdeki banyonun sıcaklığı ısıtıcı yardımıyla 55°C’ye geldiğinde içerisine numune eklenerek 30 dakika ön işleme tabi tutulur. Ardından yıkama işlemine geçilir. 80°C sıcaklıktaki destile suya, banyodan çıkarılan numune eklenerek yıkama işlemine tabi tutulur.

Mikrodalga yönteminde fırın ilk olarak, 200mL’lik banyoyu istenen sıcaklığa getirebilmek için P60 programına ayarlanarak %60 güçle 1 dakika 40 saniye süresince ısıtılır. Banyo içine kumaş numunesi de eklenerek mikrodalgaya yerleştirilir. Daha sonra P20 programına ayarlanan mikrodalga %20 güç oranında 1 dakika 30 saniyeye ayarlanarak banyonun istenen sıcaklıkta kalması sağlanmaktadır.

Yıkama işlemi iki yöntem için de aynıdır. Konvansiyonel yöntemde göre, ısıtıcıda 200 mL’lik beherlerde 80°C ye getirilmiş destile suya banyodan çıkarılan numune kumaş eklenir.

Sıcaklık sabit tutulmak şartıyla pamuklu numune kumaş ara ara karıştırılarak 10 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Ardından açık havada kurumaya bırakılır.

3.3.3.3 Selülaz Enzimi ile Ön İşlem

Selülaz ile ön işlem reçetesi Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: Selülaz enzimi uygulama prosesi.

	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
Materyal Ağırlığı	5 gram	5 gram
Islatıcı	0.2 mL/L	0.2 mL/L
Selülaz Enzimi Miktarı	1 g/L	1 g/L
Sıcaklık	55°C	55°C
Süre	30 dk	1 dk 40 sn (P60) + 1 dk 30 sn (P20)
pH	4.5 – 5.5	4.5 – 5.5
Banyo Oranı	1/40	1/40

İki yöntemde de banyo, pektinaz enzimi ile hidrofilite de olduğu gibi hazırlanmıştır. Banyo işleminden sonra numune, ısıtıcıda 80°C’ye getirilen 200 mL destile suda 10 dakika yıkama işlemi yapılmış ve açık havada kurumaya bırakılmıştır.

3.3.3.4 Lakkaz Enzimi ile Ön İşlem

Lakkaz enzimi ile ön işlem reçetesi Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10: Lakkaz enzimi uygulama prosesi.

	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
Materyal Ağırlığı	5 gram	5 gram
Islatıcı	0.2 mL/L	0.2 mL/L
Lakkaz Enzimi Miktarı	% 0.5 (e.a.ü)	% 0.5 (e.a.ü)
Sıcaklık	55°C	55°C
Süre	40 dk	1 dk 40 sn (P60) + 1 dk 30 sn (P20)
pH	4.5 – 5.5	4.5 – 5.5
Banyo Oranı	1/40	1/40

Pektinaz enzimi ile hidrofilitede olduğu gibi hazırlanan banyo işleminden sonra kumaş numunesi, 80°C sıcaklıktaki 200 mL destile suda 10 dakika yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Yıkama işleminin ardından açık havada kurumaya bırakılır.

3.3.4 Remazol Black B Boyarmaddesi ile %1 Renk Şiddetinde Gerçekleştirilen Boyama İşlemleri

Konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisine göre enzimatik ön işlem görmüş numuneler, Remazol Black B (C.I. Reactive Black 5) boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1'lik renk şiddetinde boyama işlemine tabi tutulmuştur. Boyanan kumaş numunelerinin CIELab değerleri, renk farklılıkları, yıkama ile sürtünmeye karşı renk haslık ve boncuklanma testleri gerçekleştirilmiştir.

Kumaş numunelerinin, aşağıda verilen oranlarda hazırlanan banyoda reaktif boyarmadde ile boyamaları yapılmıştır.

Materyal	: Ön işlem görmüş pamuklu kumaş numunesi
Renk Şiddeti	: % 1
Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄) Miktarı	: 65 g/L
Sodyum Karbonat (Na ₂ CO ₃) Miktarı	: 5 g/L
Sıcaklık	: 60°C

Süre : 70 dk
Banyo Oranı : 1/40

Reaktif boyama sonrası Tablo 11’ deki reçeteye göre durulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11: Reaktif boyama sonrası yıkama reçetesi.

1. Durulama Adımı	Sıcaklık	95°C
	Süre	10 dk
	Banyo Oranı	1/20
Bu adımın ardından 1 mL/L asetik asit ile nötralizasyon		
2. Durulama Adımı	Sıcaklık	70°C
	Süre	10 dk
3. Durulama Adımı	Sıcaklık	Kaynar sabunlama (1g/L Perlavin OSV)
	Süre	10 dk
	Banyo Oranı	1/20
4. Durulama Adımı	Sıcaklık	70°C
	Süre	10 dk
	Banyo Oranı	1/20
5. Durulama Adımı	Sıcaklık	70°C
	Süre	10 dk
	Banyo Oranı	1/20
6. Durulama Adımı	Taşar soğuk durulama	

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde her iki yöntemle göre ön işlem gören numunelere uygulanan damlatma testi ve yüzey temas açısı ölçümü ile hidrofilite derecesinin tayini, beyazlık/sarıklık indeksleri ölçümü, boncuklanma testi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin konvansiyonel yöntemle göre reaktif boyarmadde ile boyanması sonucu boncuklanma testi, renk ölçümü ve renk ölçüm sonuçlarından hesaplanan renk farklılıkları ile sürtünmeye ve yıkamaya karşı renk haslık testi sonuçları yer almaktadır.

4.1 Damlatma Testi ile Hidrofilite Derecesinin Tayini

Damlatma testi ile hidrofilite derecesi tayini için, 1mL suyu 15-20 damlada damlatabilen pastör pipeti, kumaş numunelerini gergin ve sabit tutabilmek için kasnak ve süreyi tespit edebilmek için kronometre kullanılmıştır.

Test, kumaş numunelerine belli bir mesafeden bir damla destile su damlatılarak yapılmaktadır. Damlanın kumaş üzerinde emilim süresine bakılarak, her bir numunenin üç farklı yerine aynı işlem uygulanır ve o numune için ortalama değer esas olarak kabul edilir.

Ham kumaşa ait damlatma testi ile hidrofilite sonucu 1 dakikadan uzundur.

Konvansiyonel yöntemle işlem gören numunelerin hidrofilite test sonuçları Tablo 12' de verilmektedir.

Tablo 12: Konvansiyonel yöntemle işlem gören numunelerin hidrofilite test sonuçları.

Kumaş Numuneleri	Hidrofilite Test Sonuçları				
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama	Standart Sapma
NaOH	1 saniye 2 salise	1 saniye, 4 salise	1 saniye, 4 salise	1 saniye, 3 salise	± 0.01
Pektinaz	5 saniye, 18 salise	4 saniye, 42 salise	6 saniye, 18 salise	5 saniye, 26 salise	± 0.88
Selülaz	72 saniye, 18 salise	59 saniye, 4 salise	71 saniye, 10 salise	67 saniye, 44 salise	± 7.29
Lakkaz	61 saniye, 24 salise	70 saniye	49 saniye, 20 salise	60 saniye, 15 salise	± 10.44
Pektinaz+Selülaz	17 saniye, 21 salise	15 saniye, 42 salise	18 saniye, 30 salise	16 saniye, 58 salise	± 1.46
Pektinaz+Lakkaz	17 saniye, 37 salise	10 saniye, 21 salise	17 saniye, 27 salise	15 saniye	± 4.11
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	1 saniye, 18 salise	1 saniye, 10 salise	2 saniye, 20 salise	1 saniye, 49 salise	± 0.61
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5 saniye, 10 salise	2 saniye, 43 salise	3 saniye, 9 salise	4 saniye	± 1.39

Konvansiyonel yöntemle göre ön işlem gören kumaş numunelerinin damlatma testi ile hidrofilite dereceleri tayininde en emici numunenin NaOH ile işlem gören kumaş olduğu Tablo 12’deki sonuçlarda görülmektedir. Kumaş numunelerine pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimleri ile tek tek ön işlem uygulandığında elde edilen hidrofilite sonuçları pektinaz enzimi ile ortalama 5 saniye iken, selülaz ve lakkazda 60 saniyenin üstündedir. Ancak enzimler kumaş numunelerine kombine olarak uygulandığında pektinaz enzimi uygulaması sonrası sırası ile selülaz ve lakkaz enzimleri uygulandıktan sonra kumaş numunelerinin suyu emiciliği ortalama 1 saniyeye inmekte, NaOH ile hidrofilleştirmeye en yakın sonuç elde edilmektedir.

Mikrodalga yöntemi ile işlem görmüş numunelerin hidrofilite test sonuçları Tablo 13’ de verilmektedir.

Tablo 13: Mikrodalga yöntemi ile işlem gören numunelerin hidrofilite test sonuçları.

Kumaş Numuneleri	Hidrofilite Test Sonuçları				
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama	Standart Sapma
NaOH	3 saniye, 3 salise	3 saniye, 36 salise	4 saniye, 54 salise	3 saniye, 54 salise	± 0.79
Pektinaz	18 saniye, 12 salise	17 saniye, 42 salise	12 saniye, 30 salise	15 saniye, 55 salise	± 3.18
Selüla	48 saniye	70 saniye, 30 salise	52 saniye, 36 salise	57 saniye	± 11.82
Lakkaz	46 saniye, 12 salise	56 saniye, 24 salise	59 saniye, 18 salise	54 saniye	± 6.85
Pektinaz+Selüla	9 saniye, 24 salise	10 saniye, 36 salise	8 saniye, 30 salise	9 saniye, 30 salise	± 1.03
Pektinaz+Lakkaz	9 saniye	16 saniye, 5 salise	9 saniye, 45 salise	11 saniye, 50 salise	± 3.95
Pektinaz+Selüla+Lakkaz	4 saniye, 20 salise	2 saniye, 10 salise	5 saniye, 11 salise	3 saniye, 50 salise	± 1.54
Pektinaz+Lakkaz+Selüla	8 saniye, 57 salise	6 saniye, 33 salise	7 saniye, 18 salise	7 saniye, 36 salise	± 1.30

Tablo 13’de yer almakta olan mikrodalga enerjisi yardımı ile ön işlemler sonrası elde edilen kumaş numunelerine uygulanan damlatma testi ile hidrofilite tayini için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yine NaOH ve pektinaz+selüla+lakkaz ile ön işlem gören kumaş numunelerinin ortalama 3 saniye ile en emici kumaş numuneleri olduğu görülmektedir.

Mikrodalga enerjisi yardımıyla NaOH (3 saniye 54 salise ± 0.79) ve pektinaz+selüla+lakkaz (3 saniye 50 salise ± 1.54) ile ön işlem gören kumaş numunelerinin hidrofiliteyi konvansiyonel yöntemle göre NaOH (1 saniye 3 salise ± 0.01) ve pektinaz+selüla+lakkaz (1 saniye 49 salise ± 0.61) ile işlem görenlerin hidrofiliteyi oldukça yakın olup, her iki yöntemde de pektinaz+selüla+lakkaz enzimlerinin kombinasyonu, NaOH ile ön işlem gören kumaşın hidrofilitesine en yakın sonuçlardır.

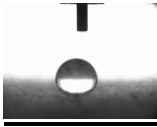
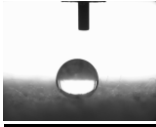
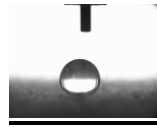
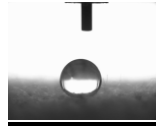
Buna ek olarak mikrodalga enerjisi yardımıyla selülaz (57 saniye $\pm$ 11.82), lakkaz (54 saniye $\pm$ 6.85), pektinaz+selülaz (9 saniye 30 salise $\pm$ 1.03) ve pektinaz+lakkaz (11 saniye 50 salise $\pm$ 3.95) ile ön işlem uygulanması kumaş numunelerinin hidrofiliteleri, konvansiyonel yöntemle göre selülaz (67 saniye $\pm$ 7.29), lakkaz (60 saniye 15 salise $\pm$ 10.44), pektinaz+selülaz (16 saniye 58 salise $\pm$ 1.46) ve pektinaz+lakkaz (15 saniye $\pm$ 4.11) ile ön işlem gören kumaş numunelerinin hidrofilitelerine oldukça yakındır. Elde edilen bu sonuçlar mikrodalga enerjisi yardımıyla daha kısa sürede konvansiyonel ön işlemlere oldukça yakın sonuçlara ulaşılabilceğini göstermektedir. Mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem sürelerinin kısaltılabileceği ile ilgili elde edilen bulgular Gürten (2008) ve Merdan vd. (2013)' nin gerçekleştirilmiş oldukları farklı deneysel çalışmalar sonrası mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem sürelerinin kısaltılabileceği sonuçları ile örtüşmektedir.

4.2 Yüzey Temas Açısı Ölçümü ile Hidrofilite Derecesinin Tayini

Ham kumaş numunesi ile konvansiyonel yöntemle göre ve mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gören kumaş numunelerine Yüzey Temas Açısı (Goniometre) Test Cihazı ile statik temas açısı ölçümü yapılmıştır.

Ham kumaş numunesinin ölçülen yüzey temas açıları ve görüntüleri Tablo14'de verilmiştir.

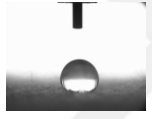
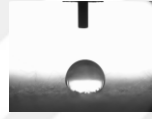
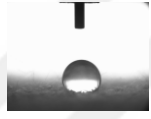
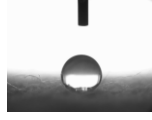
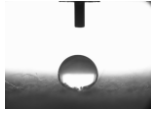
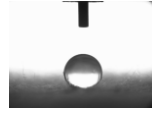
Tablo 14: Ham kumaş numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları.

	1.Görüntü	2.Görüntü	3.Görüntü	4.Görüntü	Ortalama ve Standart Sapma
Ham Kumaş	 102.0°	 99.7 °	 98.9 °	 99.4 °	100° $\pm$ 1.4

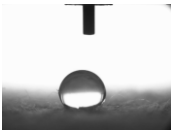
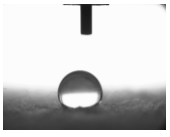
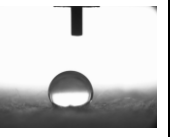
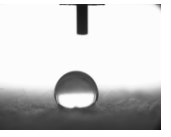
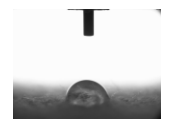
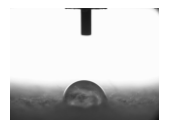
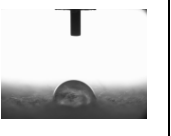
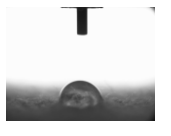
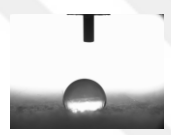
Gerçekleştirilen ölçümler sonrasında ham kumaş numunesinin ortalama yüzey temas açısı 100° $\pm$ 1.4 olarak tespit edilmiştir.

Konvansiyonel yöntemle göre NaOH ve enzimatik olarak hidrofilleştirilmiş kumaş numunelerin statik olarak ölçülen yüzey temas açıları ve görüntüleri ise Tablo 15’de verilmektedir.

Tablo 15: Konvansiyonel yöntemle göre NaOH ve enzimlerle muamele edilen numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları.

	1.Görüntü	2.Görüntü	3.Görüntü	4.Görüntü	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	 15.7 °	 15.5 °	 15.5 °	 15.5 °	$15.6^{\circ} \pm 0.1$
Pektinaz	 100.1 °	 98.7 °	 96.6 °	 97.1 °	$98.1^{\circ} \pm 1.6$
Selülaz	 105.6°	 99.6 °	 98.5 °	 101.8 °	$101.4^{\circ} \pm 3.1$
Lakkaz	 108.0 °	 105.1 °	 103.6 °	 103.8 °	$105.1^{\circ} \pm 2.0$
Pektinaz+Selülaz	 93.8 °	 83.7 °	 73.4 °	 49.7 °	$75.2^{\circ} \pm 18.9$

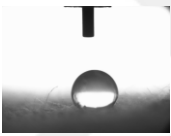
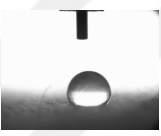
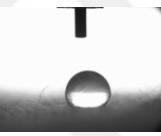
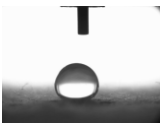
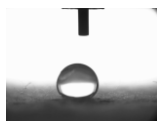
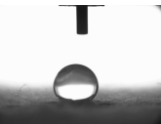
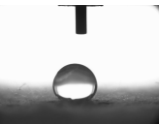
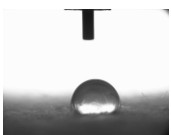
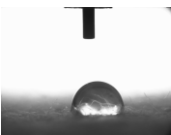
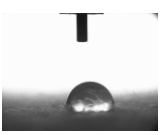
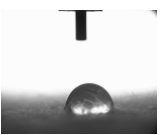
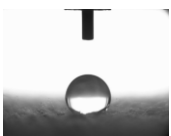
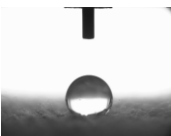
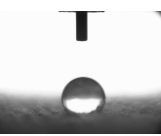
Tablo 15: (devam ediyor).

Pektinaz+Lakkaz	 100.0 °	 97.7 °	 97.6 °	 98.2 °	$98.4^{\circ} \pm 1.1$
Pektinaz+Selülaz +Lakkaz	 66.2 °	 66.2 °	 66.2 °	 66.2 °	$66.2^{\circ} \pm 0$
Pektinaz+Lakkaz +Selülaz	 89.6 °	 83.3 °	 77.2 °	 72.6 °	$80.7^{\circ} \pm 7.4$

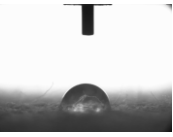
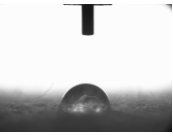
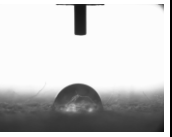
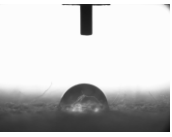
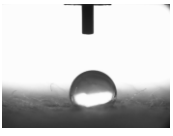
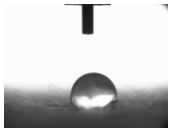
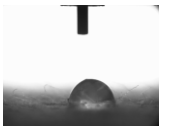
Tablo 15’de yer almakta olan konvansiyonel yöntemle göre işlem görmüş kumaş numunelerinin yüzey temas açıları ve görüntüleri ham kumaşa ait yüzey temas açısı ve görüntüsü ile karşılaştırıldığında en hidrofil kumaşın NaOH ($15.6^{\circ} \pm 0.1$) ile işlem gören kumaş olduğu açıktır. NaOH ile işlem gören kumaş numunesine en yakın sonuç pektinaz+selülaz+lakkaz ($66.2^{\circ} \pm 7.4$) ile konvansiyonel olarak işlem gören kumaş numunelerine aittir. Pektinaz ($98.1^{\circ} \pm 1.6$), selülaz ($101.4^{\circ} \pm 3.1$) ve lakkaz ($105.1^{\circ} \pm 2$) enzimlerinin tek tek uygulandığı ön işlemlerde edilen kumaş numunelerinin ortalama yüzey temas açıları ham kumaşın yüzey temas açısına ($100^{\circ} \pm 1.4$) oldukça yakındır.

Enzimatik olarak mikrodalga enerjisi yardımıyla hidrofilleştirilmiş numunelerin statik olarak ölçülen yüzey temas açıları ve görüntüleri Tablo 16’ da görülmektedir.

Tablo 16: Mikrodalga enerjisi yardımıyla NaOH ve enzimler ile muamele edilen numunelerinin statik olarak ölçülen temas açıları.

	1.Görüntü	2.Görüntü	3.Görüntü	4.Görüntü	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	 6.8 °	 6.8 °	 6.8 °	 6.8 °	6.8 ° ± 0
Pektinaz	 86.1 °	 87.5 °	 86.1 °	 86.1 °	86.45 ° ± 0.7
Selülaz	 109.2 °	 87.3 °	 88.6 °	 84.3 °	92.4 ° ± 11.4
Lakkaz	 107.6 °	 105.3 °	 105.3 °	 104.8 °	105.8 ± 1.3
Pektinaz+Selülaz	 81.2 °	 76.8 °	 76.5 °	 69.3 °	76.0 ° ± 5.0
Pektinaz+Lakkaz	 100.6 °	 101.3 °	 92.7 °	 72.9 °	91.9 ° ± 13.2

Tablo 16: (devam ediyor).

Pektinaz+Selülaz +Lakkaz	 69.4 °	 69.4 °	 69.4 °	 69.4 °	$69.4^{\circ} \pm 0$
Pektinaz+Lakkaz +Selülaz	 92.0 °	 88.7 °	 79.8 °	 70.9 °	$82.9^{\circ} \pm 9.5$

Tablo 16’da sunulmakta olan mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem görmüş kumaş numunelerinin yüzey temas açıları ve görüntüleri ham kumaşa ait yüzey temas açısı ve görüntüsü ile karşılaştırıldığında en hidrofil kumaşın yine NaOH ($6.8^{\circ} \pm 0$) ile işlem gören kumaş olduğu görülmektedir. NaOH ile işlem gören kumaş numunesine en yakın sonuç pektinaz+selülaz+lakkaz ($69.4^{\circ} \pm 0$) ile mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem gören kumaş numunelerine aittir. Pektinaz ($86.45^{\circ} \pm 0.7$), selülaz ($92.4^{\circ} \pm 11.4$) ve lakkaz ($105.8^{\circ} \pm 1.3$) enzimlerinin tek tek uygulandığı ön işlemlerde edilen kumaş numunelerinin ortalama yüzey temas açıları yine ham kumaşın yüzey temas açısına ($100^{\circ} \pm 1.4$) oldukça yakındır. Ancak pektinaz ve selülaz enzimleri ile konvansiyonel yöntemle göre (sırası ile $98.1^{\circ} \pm 1.6$ ve $101.4^{\circ} \pm 3.1$) ve mikrodalga enerjisi yardımı ile (sırası ile $86.45^{\circ} \pm 0.7$ ve $92.4^{\circ} \pm 11.4$) işlem gören kumaş numunelerine ait yüzey temas açıları kendi aralarında karşılaştırıldığında, mikrodalga enerjisi yardımıyla konvansiyonel yöntemle göre çok daha kısa sürede daha etkili sonuçlar elde edildiği açıktır. NaOH ile konvansiyonel yöntemle göre ölçülen temas açısı ortalama $15.6^{\circ} \pm 0.1$ iken mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem gören kumaş numunelerinin yüzey temas açısının ortalama $6.8^{\circ} \pm 0$ ’a düşmüş olması mikrodalga enerjisinin konvansiyonel yöntemle göre çok daha kısa sürede etkili olduğunu ve daha hidrofil kumaş numunelerinin elde edilebileceğini göstermektedir.

Farklı enzim kombinasyonlarının uygulanmasının, NaOH ile gerçekleştirilen işlemlerin deney sonuçlarına yakın çıkmış olması, Karapınar ve Sarıışık (2004)’in elde etmiş oldukları tekstil materyallerine farklı enzimlerin kombinasyonlarının, enzimlerin tek tek

uygulanmasından daha yüksek performans sağladıklarına ilişkin bulgular ile birbirini tamamlar niteliktedir.

4.3 Beyazlık İndeksi Ölçümü

Ham kumaş numunesi ile konvansiyonel yöntemle göre ve mikrodalga enerjisi yardımıyla farklı ön işlemler görmüş olan kumaş numunelerine, reflektans spektrofotometresi ile AATCC110-2005 standardına göre, WI73 formülasyonu ve D65 gün ışığı kaynağı altında 10°'lik standart gözlemci kullanılarak beyazlık indeks ölçümü yapılmıştır.

Her bir kumaş numunesine üçer defa ölçüm yapılarak, çıkan sonuçların ortalaması esas alınmıştır. Ham kumaşın beyazlık indeksi '6.2' olarak ölçülmüştür.

Konvansiyonel yöntemi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri Tablo 17' de sunulmuştur.

Tablo 17: Konvansiyonel yöntem ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri.

Kumaş Numuneleri	Ölçülen Beyazlık İndeksleri			
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	17.67	18.13	18.01	17.94 ± 0.24
Pektinaz	21.10	21.40	20.70	21.07 ± 0.36
Selüloz	21.57	21.70	21.13	21.47 ± 0.30
Lakkaz	20.93	22.26	20.17	21.12 ± 1.06
Pektinaz+Selüloz	21.30	22.20	22.00	21.83 ± 0.47
Pektinaz+Lakkaz	21.27	21.87	22.20	21.78 ± 0.47
Pektinaz+Selüloz+Lakkaz	21.90	22.90	21.10	21.97 ± 0.90
Pektinaz+Lakkaz+Selüloz	20.93	22.13	22.57	21.88 ± 0.85

Tablo 17'de sunulmuş olan beyazlık indeks ölçüm sonuçları incelendiğinde tüm enzimatik işlem sonuçlarında ölçülen beyazlık indekslerinin birbirine oldukça yakın olmakla birlikte ham kumaşın beyazlık indeksi ile karşılaştırıldığında yüksek değerlerde oldukları

görülmektedir. Ham kumaş numunesine ait beyazlık indeksi (6.2) ile NaOH ile konvansiyonel yöntemle göre işlem gören kumaş numunelerinin beyazlık indeksi (ortalama 17.94 ± 0.24) yükselmiş olmakla birlikte, enzimatik olarak tek tek ve/veya kombine olarak işlem gören kumaş numunelerinin beyazlık indeks değerlerinin altında kalmaktadır.

Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri ise Tablo 18’ de verilmiştir.

Tablo 18: Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin beyazlık ölçüm indeksleri.

Kumaş Numuneleri	Ölçülen Beyazlık İndeksleri			
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	24.93	24.43	23.03	24.13 ± 0.98
Pektinaz	20.80	21.47	21.40	21.22 ± 0.37
Selülaz	21.43	21.70	22.20	21.78 ± 0.39
Lakkaz	22.23	21.87	21.90	22.00 ± 0.20
Pektinaz+Selülaz	22.00	23.23	22.17	22.47 ± 0.67
Pektinaz+Lakkaz	20.80	20.33	21.07	20.73 ± 0.37
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	22.57	22.60	22.20	22.46 ± 0.22
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	20.90	21.30	21.27	21.16 ± 0.22

Tablo 18’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem gören kumaş numunelerine ait beyazlık indeks sonuçları incelendiğinde en yüksek değer NaOH ile işlem gören kumaş numunesine (24.13 ± 0.98) aittir. Diğer numunelere ait değerler ise, hem birbirlerine hem de konvansiyonel yöntemle göre ön işlem gören kumaş numunelerinin ortalama beyazlık indeksi ölçüm sonuçlarına oldukça yakındır. NaOH ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gören kumaş numunelerine ait ortalama beyazlık indeksi ölçüm sonucu (24.13 ± 0.98) konvansiyonel yöntemle göre ön işlem gören kumaş numuneleri ile karşılaştırıldığında (17.94 ± 0.24) önemli ölçüde artış tespit edilmiştir. Bu sonuç mikrodalga enerjisi yardımı ile pamuklu örme kumaşlara daha kısa sürede daha etkin ön işlem uygulanabileceğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

4.4 Sarılık İndeksi Ölçümü

Ham kumaş numunesi ile konvansiyonel yöntemle göre ve mikrodalga enerjisi yardımıyla farklı ön işlemler görmüş olan kumaş numunelerine ait sarılık indeksleri reflektans spektrofotometresinde, ASTM-E313-1998 standardına göre ve D65 gün ışığı kaynağı altında 10'' lik standart gözlemci kullanılarak ölçülmüştür. Her bir numune için üçer defa ölçüm yapılarak, çıkan sonuçların ortalaması esas alınmıştır. Ham kumaşın sarılık indeksi '30.02' olarak ölçülmüştür.

Konvansiyonel yöntem ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri Tablo 19' da verilmiştir.

Tablo 19: Konvansiyonel yöntem ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri.

Kumaş Numuneleri	Ölçülen Sarılık İndeksleri			
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	23.70	24.21	24.63	24.18 ± 0.47
Pektinaz	22.54	22.35	23.32	22.74 ± 0.51
Selülaz	22.45	22.84	23.15	22.81 ± 0.35
Lakkaz	22.86	22.91	22.54	22.77 ± 0.20
Pektinaz+Selülaz	22.06	21.96	22.04	22.02 ± 0.05
Pektinaz+Lakkaz	22.29	22.30	22.72	22.44 ± 0.25
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	22.33	21.86	22.02	22.07 ± 0.24
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	22.50	22.32	22.41	22.41 ± 0.09

Konvansiyonel yöntemle göre ön işlem gören kumaş numunelerinin sarılık indeks değerleri beyazlık indeks ölçümü ile elde edilen sonuçlar ile tutarlılık göstermektedir. Tüm ön işlem gören numunelerin sarılık indeks değerleri ham kumaşın sarılık indeks değerinden düşüktür.

Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri ise Tablo 20' de sunulmaktadır.

Tablo 20: Mikrodalga enerjisi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerinin sarılık ölçüm indeksleri.

Kumaş Numuneleri	Ölçülen Sarılık İndeksleri			
	1.Tekrar	2.Tekrar	3.Tekrar	Ortalama ve Standart Sapma
NaOH	21.43	20.80	22.09	21.44 ± 0.65
Pektinaz	22.31	22.56	22.41	22.43 ± 0.13
Selülaz	22.27	22.56	22.16	22.33 ± 0.21
Lakkaz	22.02	22.88	21.70	22.20 ± 0.61
Pektinaz+Selülaz	22.35	21.48	22.56	22.13 ± 0.57
Pektinaz+Lakkaz	22.68	22.95	22.84	22.82 ± 0.14
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	22.54	21.93	21.85	22.11 ± 0.38
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	22.53	22.25	22.70	22.49 ± 0.23

Tablo 20’de sunulmakta olan mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem görmüş kumaş numunelerine ait sarılık indeks sonuçlarının tümü birbirine oldukça yakın değerler olmakla beraber ham kumaşın ortalama sarılık indeks değerinden (30.02) düşüktür.

4.5 Boncuklanma Test Sonuçları

Kumaş numunelerine uygulanan boncuklanma testi kondisyonlanmış ortamda (% 65 ± 2 bağıl nem, 20 ± 2°C sıcaklık) gerçekleştirilmiştir. ISO 12945:2002 standardına göre 2000 devirde boncuklanma değerlerine bakılmıştır. Ham kumaş boncuklanma değeri ‘3’ olarak tespit edilmiştir.

Ön işlem görmüş test numunelerinin boncuklanma test sonuçları Tablo 21’de verilmektedir.

Tablo 21: Ön işlem görmüş test numunelerinin boncuklanma test sonuçları.

Ön İşlem Görmüş Test Numuneleri	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
NaOH	4	5
Pektinaz	4-5	4
Selülaz	4-5	4-5
Lakkaz	4-5	4-5
Pektinaz+Selülaz	4-5	5
Pektinaz+Lakkaz	4-5	4-5
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	5	4-5
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5	4-5

Tablo 21’de verilmekte olan her iki yönteme göre işlem görmüş kumaş numunelerinin boncuklanma testi sonuçları incelendiğinde tüm kumaş numunelerinin boncuklanma test sonuçlarının (4+) ham kumaş numunesinin boncuklanma değerinden (3) yüksek ve kabul edilebilir değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca mikrodalga enerjisi yardımıyla uygulanan ön işlemlerin kumaş numunelerinin boncuklanma test sonuçlarına herhangi bir olumsuz etkisi söz konusu değildir.

Reaktif boyarmadde ile boyanmış test numunelerinin boncuklanma test sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22:Reaktif boyarmadde ile boyanmış test numunelerinin boncuklanma test sonuçları.

Reaktif Boyarmadde ile Boyanmış Test Numuneleri	Konvansiyonel Yöntem	Mikrodalga Yöntemi
NaOH	4	4-5
Pektinaz	4	4-5
Selülaz	4-5	5
Lakkaz	4-5	4-5
Pektinaz+Selülaz	4-5	5
Pektinaz+Lakkaz	5	5
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	4-5	4-5
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5	5

Her iki yönteme göre işlem gördükten sonra konvansiyonel yönteme göre reaktif boyarmadde ile boyanan kumaş numunelerinin boncuklanma değerleri 4' n üzerindedir. Numunelerin konvansiyonel yönteme göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmaları ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmaları sonrasında boncuklanma testlerinde anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Mikrodalga enerjisi yardımıyla daha kısa sürede ön işlem gerçekleştirmenin, kumaş numunelerinin boyama öncesi ve sonrasında boncuklanma özelliklerinde olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. İşlem görmüş ve boyanmış kumaş numunelerine ait tüm boncuklanma test sonuçları ham kumaşın boncuklanma değerinden (3) yüksektir.

4.6 Renk  l  m  (CIELab Renk  l  m )

Konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yardımıyla NaOH ile ve farklı enzimatik işlemlerle ön işlem görmüş numunelerin, konvansiyonel yönteme göre C.I. Reactive Black 5 reaktif boyarmaddesi ile boyama işlemi yapılmış olup, sonrasında reflektans spektrofotometresi ile % reflektans değerleri ölçülmüştür. Her bir numuneye üç farklı yerinden ölçüm yapılarak ortalaması esas alınmıştır.

Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans değerleri Tablo 23' de verilmiştir.

Tablo 23: Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören ve C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle %1 renk şiddetinde boyanan numunelerin 400 ile 700 nm dalga boyu arasındaki % reflektans değerleri.

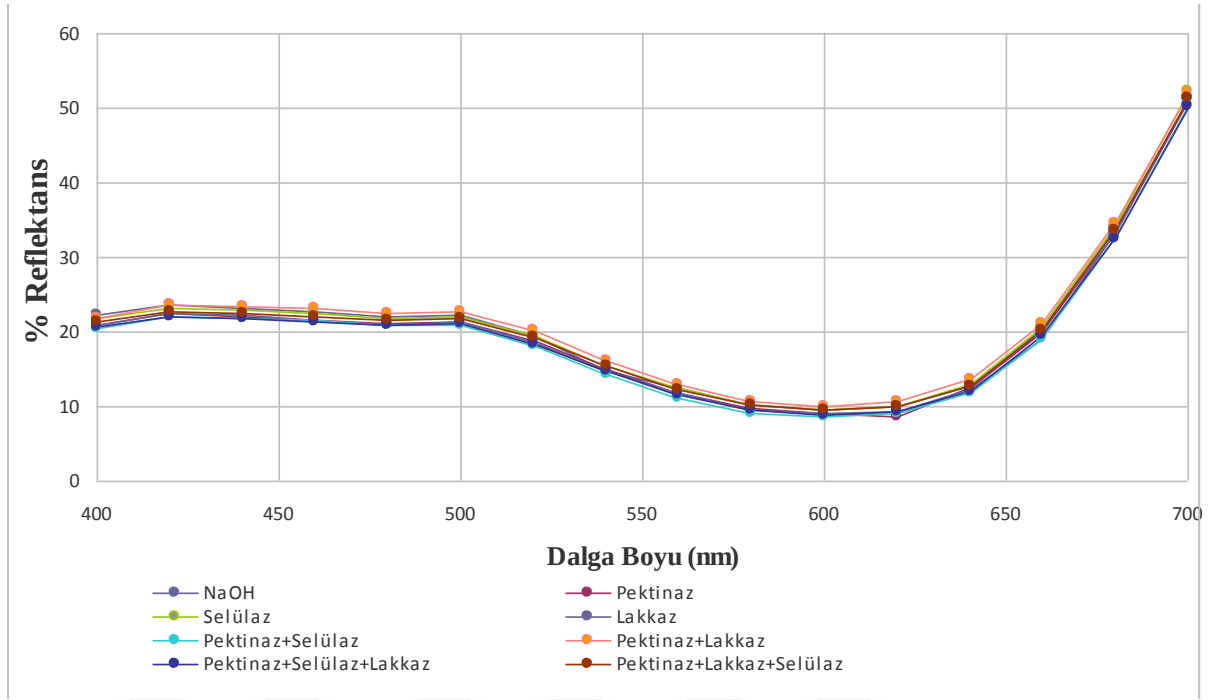
Dalda Boyu (nm)	Konvansiyonel Yöntemle Ön İşlem Gören Numunelerin Boyama Sonrası % Reflektans Değerleri ^a							
	1	2	3	4	5	6	7	8
400	22.34	20.94	21.82	20.91	20.50	21.91	20.68	21.32
420	23.72	22.48	23.28	22.39	22.11	23.61	22.14	22.82
440	23.26	22.13	22.97	22.26	21.90	23.42	21.78	22.54
460	22.74	21.70	22.46	21.57	21.48	23.09	21.34	22.13
480	22.11	21.14	21.88	21.02	20.83	22.50	20.80	21.61
500	22.35	21.39	22.15	21.30	20.97	22.69	21.04	21.87
520	19.65	18.85	19.48	18.69	18.27	20.12	18.52	19.30
540	14.66	14.99	15.51	14.81	14.32	16.14	14.70	15.41
560	12.47	11.93	12.40	11.75	11.21	12.93	11.68	12.31
580	10.28	9.83	10.23	9.64	9.16	10.74	9.60	10.16
600	9.55	9.18	9.56	8.98	8.56	10.08	8.93	9.47
620	9.98	8.64	10.04	9.43	9.02	10.58	9.38	9.93
640	12.83	12.45	12.93	12.23	11.76	13.53	12.13	12.77
660	20.38	19.93	20.61	19.8	19.19	21.23	19.50	20.31
680	33.65	33.23	34.12	33.28	32.50	34.50	32.58	33.61
700	51.43	51.16	52.26	51.45	50.55	52.04	50.27	51.25
^a 1:NaOH, 2:Pektinaz Enzimli, 3:Selülaz Enzimli, 4:Lakkaz Enzimli, 5:Pektinaz+Selülaz, 6:Pektinaz+Lakkaz, 7:Pektinaz+Selülaz+Lakkaz, 8:Pektinaz+Lakkaz+Selülaz								

Mikrodalga yöntemi ile ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans değerleri Tablo 24’ de verilmektedir.

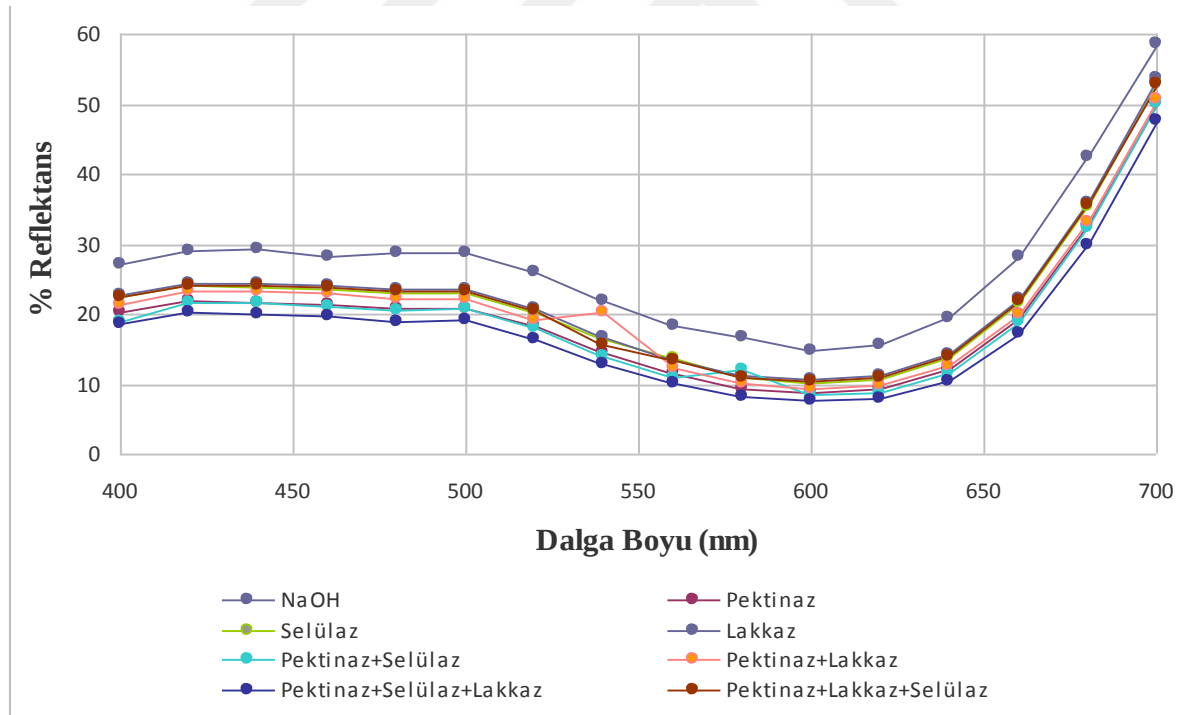
Tablo 24: Mikrodalga yöntemiyle ön işlem gören ve C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle %1 renk şiddetinde boyanan numunelerin 400 ile 700 nm dalga boyu arasındaki % reflektans değerleri.

Dalda Boyu (nm)	Mikrodalga Yöntemiyle Ön İşlem Gören Numunelerin Boyama Sonrası % Reflektans Değerleri ^a							
	1	2	3	4	5	6	7	8
400	27.19	20.29	22.41	22.79	18.86	21.36	18.54	22.33
420	29.14	21.94	24.14	24.52	21.63	23.16	20.14	24.14
440	29.34	21.72	23.94	24.43	21.55	23.23	19.99	24.06
460	28.18	21.38	23.56	24.07	21.20	22.89	19.60	23.78
480	28.70	20.77	22.94	23.45	20.57	22.19	18.98	23.20
500	28.89	20.94	23.12	23.62	20.69	22.14	19.11	23.36
520	26.10	18.38	20.41	20.88	17.99	19.30	16.57	20.66
540	21.85	14.54	16.33	16.80	14.09	20.16	12.88	15.60
560	18.25	11.49	13.74	13.50	11.03	12.27	10.02	13.31
580	16.67	9.44	10.85	11.24	12.07	10.06	8.14	11.00
600	14.93	8.80	10.22	10.58	8.42	9.43	7.59	10.46
620	15.62	9.25	10.76	11.12	8.88	9.86	8.01	10.93
640	19.33	12.00	13.79	14.21	11.59	12.65	10.50	13.99
660	28.29	19.39	21.72	22.22	18.95	20.13	17.38	21.93
680	42.33	32.49	35.39	35.90	32.24	33.23	29.99	35.48
700	58.75	50.24	53.25	53.63	50.27	50.71	47.58	53.01
^a 1:NaOH, 2:Pektinaz Enzimli, 3:Selülaz Enzimli, 4:Lakkaz Enzimli, 5:Pektinaz+Selülaz, 6:Pektinaz+Lakkaz, 7:Pektinaz+Selülaz+Lakkaz, 8:Pektinaz+Lakkaz+Selülaz								

Tablo 24’de görülmekte olan konvansiyonel yöntemle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans değerlerini gösteren eğriler Şekil 5 ve Şekil 6’ da sunulmuştur.



Şekil 5: Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans eğrileri.

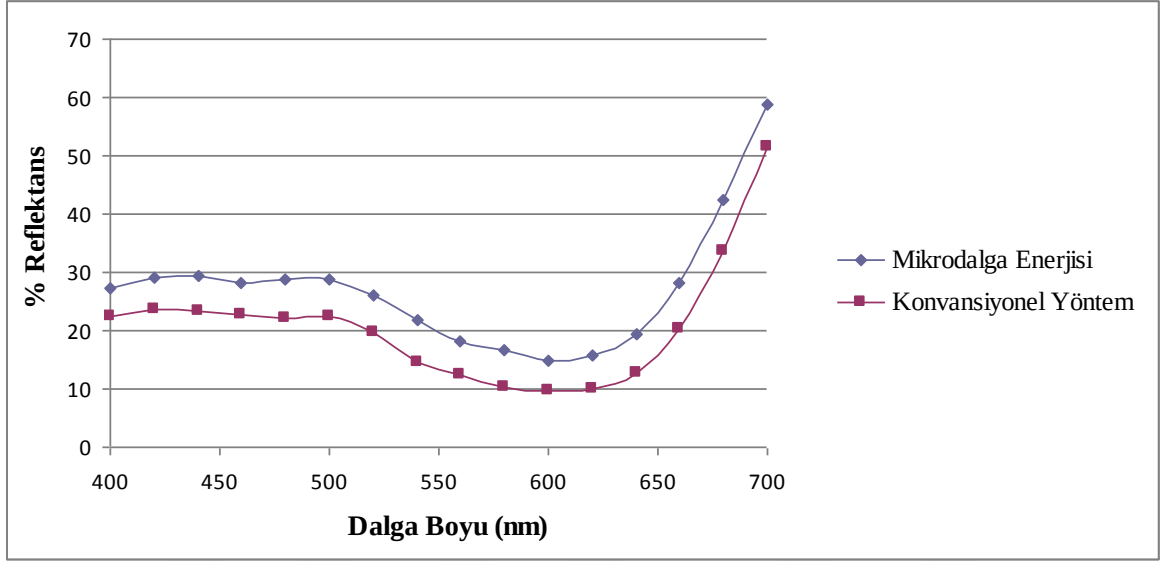


Şekil 6: Mikrodalgı enerjisiyle ön işlem gören numunelerin boyama sonrası % reflektans eğrileri.

Tablo 23-24 ve Şekil 5-6'da verilmekte olan konvansiyonel yöntemle göre ve mikrodalgı enerjisi yardımıyla ön işlem gören kumaş numunelerinin konvansiyonel olarak reaktif

boyarmadde ile boyanması sonucu elde edilen numunelere ait % reflektans değerleri karşılaştırıldığında, tüm boyama sonuçlarının NaOH ile ön işlem gören numunelerin boyama sonuçlarına yakın olduğu görölmektedir.

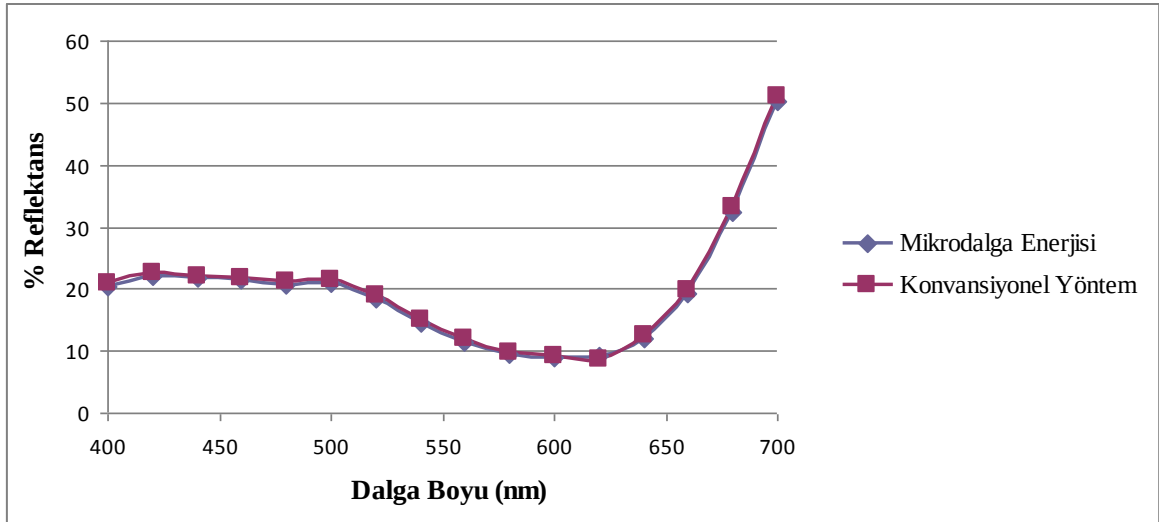
NaOH ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 7’ de verilmektedir.



Şekil 7: NaOH ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 7’de görölmekte olan NaOH ile her iki yönleme göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, konvansiyonel olarak ön işlem gördükten sonra boyanan numunelerin, mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gördükten sonra boyanan numunelerden bir miktar koyu boyanmış olmakta birlikte, değerler her iki yöntem için birbirine oldukça yakındır.

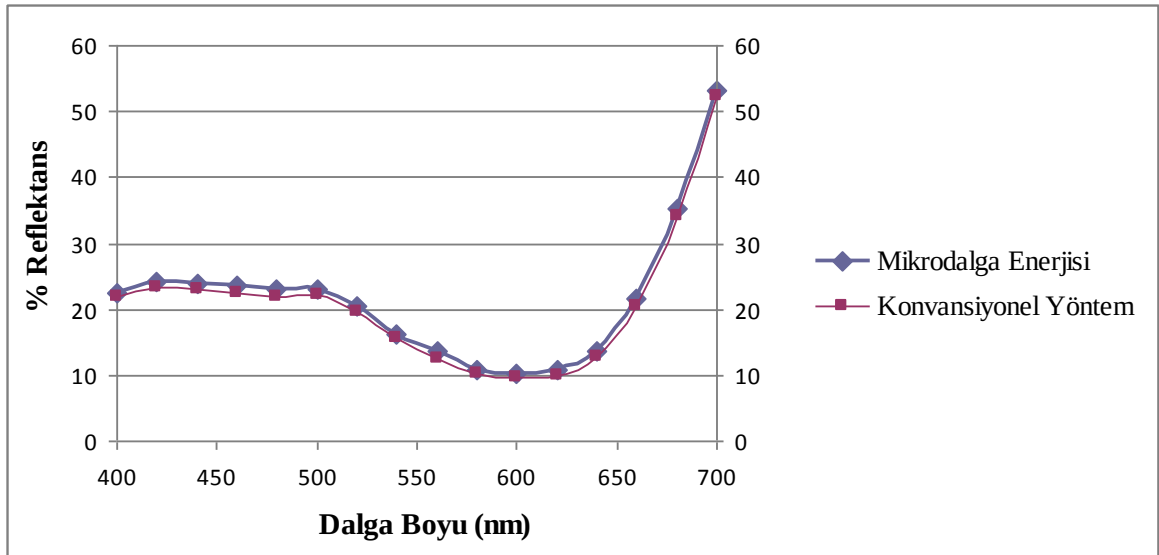
Pektinaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 8’ da verilmektedir.



Şekil 8: Pektinaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 8’de görülmekte olan pektinaz enzimi ile her iki yönteme göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

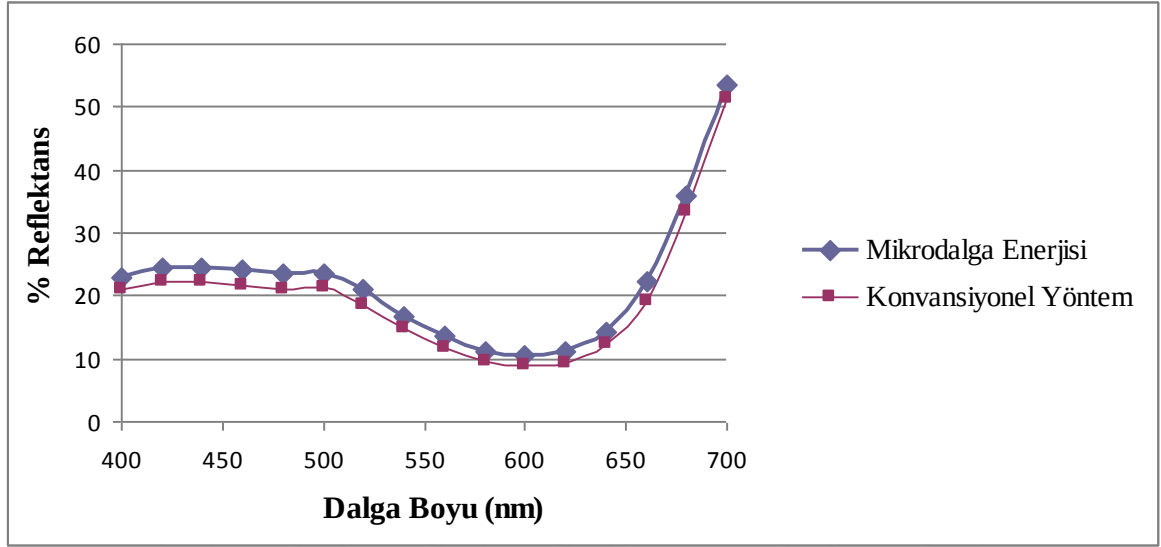
Selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 9: Selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 9’da görülmekte olan selüloz enzimi ile her iki yöntemle göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının yine birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

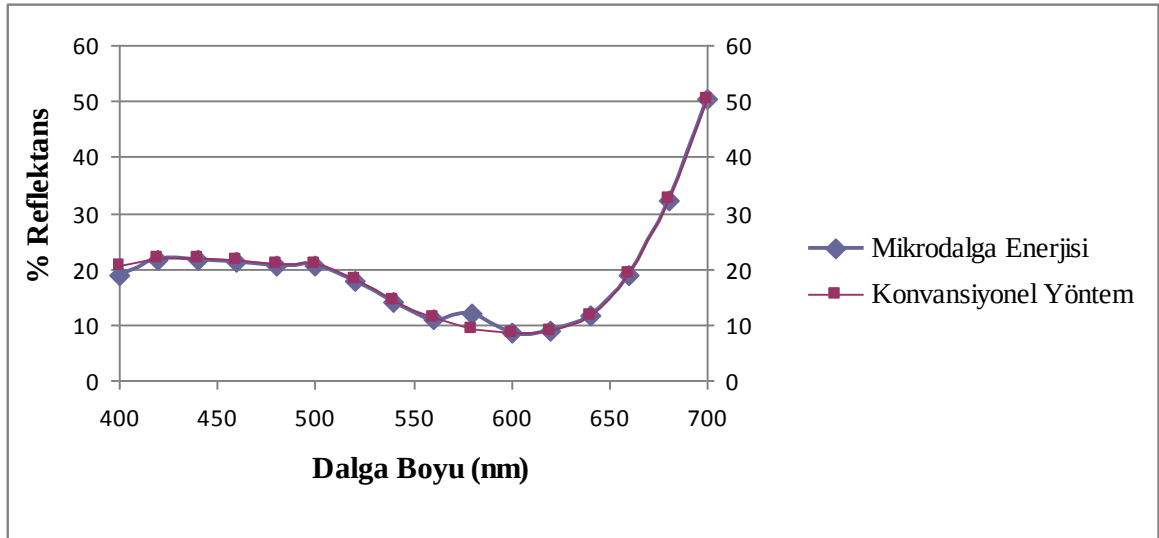
Lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 10’ de verilmektedir.



Şekil 10: Lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 10’da verilmekte olan lakkaz enzimi ile her iki yöntemle göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının birbirine oldukça yakın olduğu açıktır.

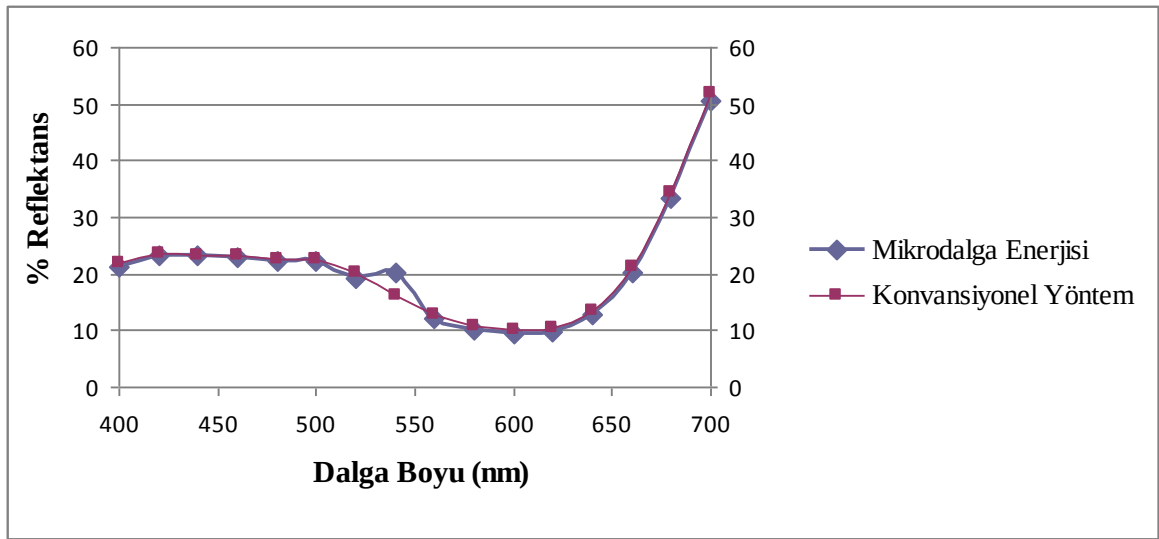
Pektinaz ve selüloz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 11’ de verilmiştir.



Şekil 11: Pektinaz ve selüloz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 11’de görülmekte olan pektinaz enzimi ile işlem gördükten sonra selüloz enzimi ile işleme tabi tutulup, ardından her iki yöntemle göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının yine birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

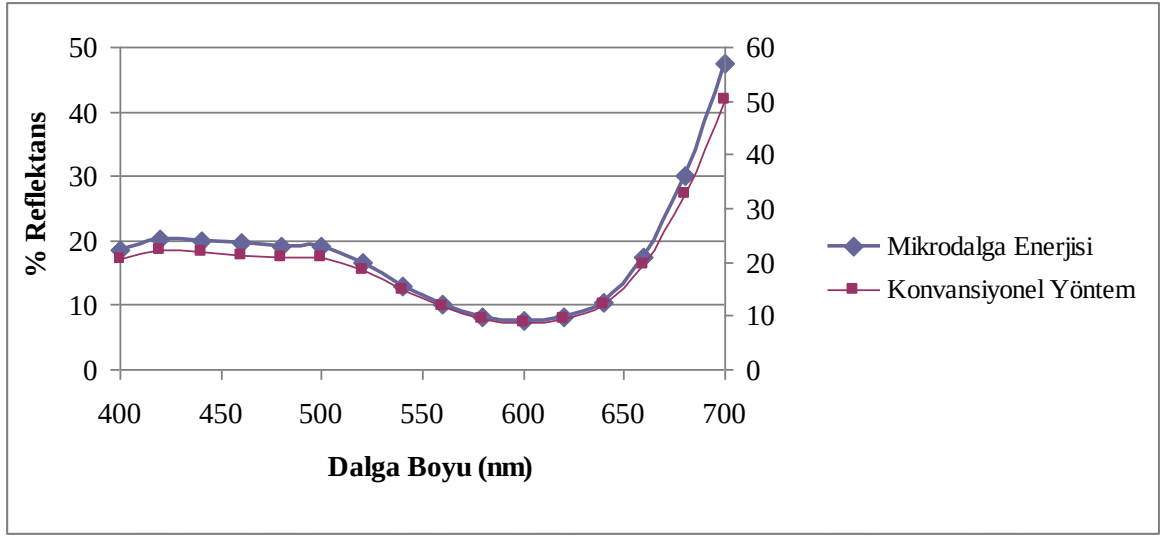
Pektinaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 12’ de verilmektedir.



Şekil 12: Pektinaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 12’de görülmekte olan her iki yöntemle göre pektinaz enzimi ile işlem gördükten sonra lakkaz enzimi ile işleme tabi tutulup, ardından konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının yine birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur.

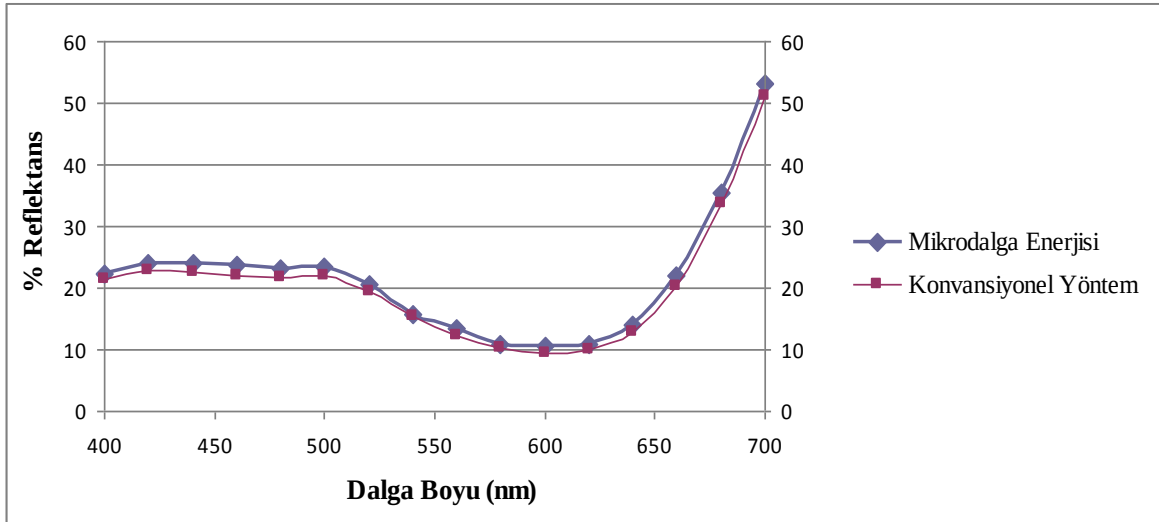
Pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 13’ de verilmiştir.



Şekil 13: Pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 13’de sunulmuş olan her iki yöntemle göre pektinaz enzimi ile işlem gördükten sonra önce selülaz enzimi ile ve sonra lakkaz enzimi ile işleme tabi tutulup, ardından konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçlarının yine birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

Pektinaz, lakkaz ve selülaz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri Şekil 14’ de verilmektedir.



Şekil 14: Pektinaz, lakkaz ve selüloz enzimi ile konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre ön işlem görmüş numunelerin % reflektans eğrileri.

Şekil 14’de görülmekte olan her iki yöntemle göre pektinaz enzimi ile işlem gördükten önce lakkaz enzimi ile ve sonrasında selüloz enzimi ile işleme tabi tutulup, ardından konvansiyonel olarak boyanan numunelerin % reflektans eğrileri karşılaştırıldığında, boyama sonuçları diğer sonuçlarda da açıkça görüldüğü gibi birbirine çok yakındır.

Tüm boyanmış numunelerin % reflektans eğrileri genel olarak değerlendirildiğinde mikrodalga enerjisi yardımıyla kısa sürede ön işlem sonrası, konvansiyonel yöntem ile ön işlem gören kumaşlar ile birbirine oldukça yakın boyama sonuçlarına ulaşılmıştır.

Konvansiyonel yöntem ile enzimatik ön işlem görmüş numunelerin C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile %1 renk şiddetinde boyama sonrası CIELab değerleri Tablo 25-32’ de sunulmuştur.

Tablo 25: NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	NaOH	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	36.49	-4.81	-13.93	14.74	250.95
	2.Tekrar	37.34	-4.81	-13.73	14.55	250.69
	3.Tekrar	37.80	-4.81	-13.70	14.52	250.65
	Ortalama	37.21	-4.81	-13.79	14.60	250.77
	Standart Sapma	± 0.66	± 0	± 0.13	± 0.12	± 0.16

Tablo 25’de verilmekte olan NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir.

Tablo 26: Pektinaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Pektinaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	36.62	-4.96	-13.21	14.11	249.42
	2.Tekrar	39.32	-4.98	-12.82	13.76	248.77
	3.Tekrar	37.70	-5.09	-13.33	14.27	249.10
	Ortalama	37.88	-5.01	-13.12	14.04	249.10
	Standart Sapma	± 1.36	± 0.07	± 0.27	± 0.26	± 0.33

Tablo 26’da verilmekte olan pektinaz ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçları kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25’dekiler ile karşılaştırıldığında boyanmış numunelerin yine birbirine yakın CIELab değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 27: Selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Selülaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	37.89	-4.75	-12.83	13.77	249.81
	2.Tekrar	36.50	-4.79	-12.92	13.78	249.66
	3.Tekrar	37.90	-4.94	-13.01	13.92	249.21
	Ortalama	37.43	-4.83	-12.92	13.79	249.50
	Standart Sapma	±0.81	± 0.10	± 0.09	± 0.08	± 0.31

Tablo 27’de verilmekte olan selülaz ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçları yine kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25’dekiler ile karşılaştırıldığında boyanmış numunelerin yine birbirine yakın CIELab değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 28: Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	34.89	-4.76	-13.40	14.22	250.44
	2.Tekrar	33.87	-4.64	-13.21	14.00	250.65
	3.Tekrar	37.44	-4.85	-12.89	13.77	249.38
	Ortalama	35.40	-4.75	-13.17	14.00	250.17
	Standart Sapma	± 1.84	± 0.11	± 0.26	± 0.23	± 0.68

Tablo 28’de verilmekte olan lakkaz ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçlarında bir miktar farklılıklar olsa da kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25’dekiler ile karşılaştırıldığında lakkaz ile ön işlem gördükten sonra boyanmış

numunelerin, NaOH ile ön işlem gördükten sonra boyanmış olanlardan daha koyu boyanmış olduğu açıktır.

Tablo 29: Pektinaz ve selüloz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Pektinaz+Selüloz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	35.16	-4.80	-13.35	14.38	250.49
	2.Tekrar	35.13	-4.80	-13.27	14.11	250.11
	3.Tekrar	34.95	-4.89	-13.15	14.03	249.60
	Ortalama	35.08	-4.83	-13.26	14.11	249.99
	Standart Sapma	± 0.11	± 0.05	± 0.10	± 0.18	± 0.45

Tablo 29’da yer almakta olan pektinaz enzimi ile işlem sonrası selüloz enzimi ile ön işlem görüp C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçlarında bir miktar farklılıklar olsa da kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25’dekiler ile karşılaştırıldığında pektinaz enzimi ile işlem sonrası selüloz enzimi ile ön işlem görüp boyanmış numuneler, NaOH ile ön işlem gördükten sonra boyanmış olanlardan bir miktar daha koyu boyanmıştır.

Tablo 30: Pektinaz ve lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Pektinaz+Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	34.22	-4.93	-13.18	14.07	249.49
	2.Tekrar	33.92	-4.80	-13.36	14.20	250.24
	3.Tekrar	35.53	-4.99	-13.29	14.20	249.42
	Ortalama	34.56	-4.91	-13.28	14.16	249.71
	Standart Sapma	± 0.86	± 0.10	± 0.09	± 0.08	± 0.45

Tablo 30’da yer almakta olan pektinaz enzimi ile işlem sonrası lakkaz enzimi ile ön işlem görüp C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk

şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçlarında yine bir miktar farklılıklar olsa da kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25'dekiler ile karşılaştırıldığında, pektinaz enzimi ile işlem sonrası lakkaz enzimi ile ön işlem görüp boyanmış numuneler, NaOH ile ön işlem gördükten sonra boyanmış olanlardan daha koyu boyanmıştır.

Tablo 31: Pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	35.90	-4.82	-13.01	13.87	249.67
	2.Tekrar	37.19	-4.88	-13.18	14.05	249.68
	3.Tekrar	36.62	-5.01	-13.03	13.96	248.97
	Ortalama	36.57	-4.90	-13.07	13.96	249.45
	Standart Sapma	± 0.65	± 0.10	± 0.09	± 0.09	± 0.70

Tablo 31'de yer almakta olan pektinaz enzimi ile işlem sonrası selülaz enzimi ile ön işlem görüp ardından lakkaz ile işlem gördükten sonra C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçlarında bir miktar farklılıklar olsa da kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25'dekiler ile karşılaştırıldığında, sırası ile pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimleri işlem sonrası boyanmış numuneler, NaOH ile ön işlem gördükten sonra boyanmış olanlardan yine bir miktar daha koyu boyanmıştır.

Tablo 32: Pektinaz, lakkaz ve selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Konvansiyonel Yöntem	Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	34.07	-4.76	-13.05	13.89	249.96
	2.Tekrar	36.71	-4.95	-13.29	14.18	249.57
	3.Tekrar	34.74	-4.86	-13.17	14.04	249.74
	Ortalama	35.17	-4.86	-13.17	14.04	249.74
	Standart Sapma	± 1.37	± 0.10	± 0.12	± 0.15	± 0.20

Tablo 32’de yer almakta olan pektinaz enzimi ile işlem sonrası lakkaz enzimi ile ön işlem görüp ardından selüloz ile işlem gördükten sonra C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyama sonuçlarında bir miktar farklılıklar olsa da kabul edilebilir tekrarlanabilirliktedir. Sonuçlar Tablo 25’dekiler ile karşılaştırıldığında, sırası ile pektinaz, lakkaz ve selüloz enzimleri ile işlem sonrası boyanmış numuneler, NaOH ile ön işlem gördükten sonra boyanmış olanlardan az bir miktar daha koyu boyanmıştır.

Mikrodalga yöntemi ile enzimatik ön işlem görmüş numunelerin C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile %1 renk şiddetinde boyama sonrası CIELab değerleri Tablo 33-40’da verilmiştir.

Tablo 33: NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	NaOH	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	36.19	-4.90	-13.20	14.08	249.63
	2.Tekrar	34.13	-4.77	-13.16	14.00	250.08
	3.Tekrar	36.60	-4.90	-13.41	14.28	249.93
	Ortalama	35.64	-4.86	-13.26	14.12	249.87
	Standart Sapma	± 1.32	± 0.08	± 0.13	± 0.14	± 0.23

Tablo 33’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla NaOH ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir.

Tablo 34: Pektinaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Pektinaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	37.30	-4.84	-12.98	13.85	249.55
	2.Tekrar	36.38	-4.84	-12.82	13.70	249.32
	3.Tekrar	34.58	-4.79	-13.16	14.00	250.00
	Ortalama	36.09	-4.82	-12.99	13.86	249.64
	Standart Sapma	± 1.38	± 0.03	± 0.17	± 0.15	± 0.35

Tablo 34’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla pektinaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’dekiler ile karşılaştırıldığında yakın değerlerde boyamalar elde edildiği söylenebilir.

Tablo 35: Selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Selülaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	32.61	-4.49	-13.51	14.24	251.62
	2.Tekrar	32.85	-4.58	-13.66	14.41	251.46
	3.Tekrar	31.96	-4.49	-13.45	14.18	251.54
	Ortalama	32.47	-4.52	-13.54	14.27	251.54
	Standart Sapma	± 0.46	± 0.05	± 0.11	± 0.12	± 0.08

Tablo 35’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla selülaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yönteme göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde boyamalar yine kabul edilebilir tekrarlanabilirlikte olup sonuçlar Tablo 33’dekiler ile karşılaştırıldığında selülaz ile işlem sonrası daha koyu boyamalar elde edildiği görülmektedir.

Tablo 36: Lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	40.32	-5.09	-12.70	13.68	248.16
	2.Tekrar	39.84	-4.99	-12.43	13.39	248.13
	3.Tekrar	38.97	-5.04	-12.45	13.43	247.96
	Ortalama	39.71	-5.04	-12.53	13.51	248.09
	Standart Sapma	± 0.68	± 0.05	± 0.15	± 0.16	± 0.11

Tablo 36’da verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla lakkaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’dekiler ile karşılaştırıldığında lakkaz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem sonrası daha açık boyamalar elde edilmiştir.

Tablo 37: Pektinaz ve selülaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Pektinaz+Selülaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	38.45	-4.93	-12.59	13.52	248.62
	2.Tekrar	39.22	-5.00	-12.63	13.58	248.40
	3.Tekrar	40.25	-4.96	-12.75	13.68	248.74
	Ortalama	39.31	-4.96	-12.66	13.60	248.61
	Standart Sapma	± 0.90	± 0.04	± 0.08	± 0.08	± 0.17

Tablo 37’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla pektinaz ile işleme tabi tutulup selülaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’dekiler ile karşılaştırıldığında pektinaz ve ardından selülaz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem sonrası daha açık boyamalar elde edilmiştir.

Tablo 38: Pektinaz ve lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Pektinaz+Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	35.87	-4.82	-13.10	13.96	249.80
	2.Tekrar	34.71	-4.83	-13.04	13.91	249.68
	3.Tekrar	37.12	-4.95	-12.77	13.70	248.81
	Ortalama	35.90	-4.87	-12.97	13.85	249.42
	Standart Sapma	± 1.21	± 0.07	± 0.18	± 0.14	± 0.54

Tablo 38’de verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla pektinaz ile işleme tabi tutulup lakkaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’dekiler ile karşılaştırıldığında pektinaz ve ardından lakkaz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem sonrası birbirine çok yakın boyamalar elde edilmiştir.

Tablo 39: Pektinaz, selülaz ve lakkaz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	L*	a*	b*	C*	h°
	1.Tekrar	34.97	-4.72	-12.86	13.70	249.85
	2.Tekrar	38.75	-4.91	-12.97	13.87	249.27
	3.Tekrar	37.45	-4.79	-12.59	13.47	249.17
	Ortalama	37.06	-4.81	-12.81	13.68	249.42
	Standart Sapma	± 1.92	± 0.10	± 0.20	± 0.20	± 0.37

Tablo 39’da verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla pektinaz ile işleme tabi tutulup selülaz enzimiyle ve sonrasında lakkaz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’dekiler ile

karşılaştırıldığında pektinaz ve ardından selüloz ve lakkaz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem sonrası daha açık boyamalar elde edilmiştir.

Tablo 40: Pektinaz, Lakkaz ve Selüloz enzimi ile ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan materyale ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri.

Mikrodalga Yöntemi	Pektinaz+Lakkaz+Selüloz	L*	a*	b*	C*	h°
1.Tekrar		36.33	-4.94	-13.15	14.05	249.41
2.Tekrar		36.27	-4.95	-13.40	14.29	249.73
3.Tekrar		36.45	-5.02	-13.04	13.97	248.94
Ortalama		36.35	-4.97	-13.20	14.10	249.37
Standart Sapma		± 0.09	± 0.04	± 0.18	± 1.17	± 0.40

Tablo 40’da verilmekte olan mikrodalga enerjisi yardımıyla pektinaz ile işleme tabi tutulup lakkaz enzimiyle ve sonrasında selüloz enzimiyle ön işlem sonrası C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanan numunelere ait spektrofotometrik ölçüm yolu ile hesaplanan CIELab değerleri incelendiğinde yine kabul edilebilir tekrarlı boyamalar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar Tablo 33’deki NaOH ile işlem gördükten sonra boyanan numuneler ile karşılaştırıldığında pektinaz ve ardından lakkaz ve selüloz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem sonrası çok az daha açık boyamalar elde edilmiştir.

4.7 Renk Farklılıkları

CIELab renk ölçüm sonuçlarından elde edilen renk farklılıkları CIELab 1976 renk farklılığı formülü yardımıyla hesaplanmıştır. C.I. Reactive Black 5 (Remazol Black B) boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanmış numunelere ait renk farklılıkları Tablo 41’de verilmektedir.

Tablo 41: Remazol Black B C.I. Reactive Black 5 boyarmaddesi ile konvansiyonel yöntemle göre %1 renk şiddetinde boyanmış numunelere ait renk farklılıkları.

	Ön İşlem	ΔE^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH°
1	NaOH	1.66	-1.57	-0.05	0.53	-0.48	-0.9
2	Pektinaz	0.59	-0.53	0.14	0.22	-0.26	0.22
3	Selülaz	5.01	-4.96	0.31	-0.62	0.48	2.04
4	Lakkaz	4.37	4.31	-0.29	0.64	-0.49	-2.08
5	Pektinaz+Selülaz	4.27	4.23	-0.13	0.6	-0.52	-1.38
7	Pektinaz+Lakkaz	1.38	1.34	0.04	0.31	-0.3	-0.29
8	Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	0.79	0.49	0.09	-0.61	0.54	1.18
9	Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	1.19	1.18	-0.11	-0.13	0.07	-0.38

Renk farklılıkları hesaplanırken her bir ön işlemin kendi konvansiyonel yöntemi standart olarak kabul edilmiştir. Renk farklılığı sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde NaOH, pektinaz ve selülaz ile mikrodalga enerjisi yardımıyla gerçekleştirilen ön işlem sonrası bir miktar daha koyu boyanmış numuneler elde edilmiştir. Mikrodalga enerjisi yardımıyla lakkaz içeren ön işlemler sonrası gerçekleştirilen boyamalar ise konvansiyonel ön işlemlerle karşılaştırıldığında bir miktar daha açık çıksa da, bu durum reçetelerde yapılacak optimizasyonlarla kolaylıkla iyileştirilebilir. Mikrodalga enerjisi yardımıyla gerçekleştirilen ön işlemlerin konvansiyonel ön işlemlere zamandan tasarruf sağlayacak önemli bir alternatif olacağı açıktır.

4.8 Renk Haslık Testleri

Her iki yöntemle göre farklı ön işlemler gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmış kumaş numunelerine sürtünme ve yıkama haslık testleri uygulanmıştır.

4.8.1 Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı

Her iki yöntemle göre farklı ön işlemler gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmış kumaş numunelerine ISO 105-X12 standardına göre kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığı testleri uygulanmış, elde edilen sonuçlar Tablo 42’de özetlenmiştir.

Tablo 42: Reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığı sonuçları.

Test Numuneleri	Konvansiyonel Yöntem		Mikrodalga Yöntemi	
	Kuru Sürtünme Haslığı	Yaş Sürtünme Haslığı	Kuru Sürtünme Haslığı	Yaş Sürtünme Haslığı
NaOH	5	5	5	4-5
Pektinaz	5	4-5	5	4-5
Selülaz	5	4-5	5	4-5
Lakkaz	5	4-5	5	4-5
Pektinaz+Selülaz	5	4-5	5	4-5
Pektinaz+Lakkaz	5	4-5	5	4-5
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	5	4-5	5	4-5
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5	4-5	5	4-5

Tablo 42’de özetlenmiş olan kuru/yaş sürtünmeye karşı renk haslık test sonuçları değerlendirildiğinde, tüm haslık sonuçları yüksek (4-5 ve üstü) değerlerde bulunmuştur. Mikrodalga enerjisi yardımıyla kısa sürede gerçekleştirilmiş olan ön işlemler sonrası konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde ile boyanan kumaş numunelerinin kuru/yaş sürtünmeye karşı renk haslık sonuçları, konvansiyonel olarak ön işlem görüp boyanmış kumaş numunelerinin sonuçları ile aynıdır.

4.8.2 Yıkamaya Karşı Renk Haslığı

Her iki yönteme göre farklı ön işlemler gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmış kumaş numunelerine ISO 105-CO6 standardına göre, Tablo 43’de sunulmakta olan A1S işlem koşullarında yıkamaya karşı renk haslığı testleri uygulanmış, elde edilen sonuçlar Tablo 44 ve 45’de özetlenmiştir.

Tablo 43: Yıkamaya karşı renk haslığı işlem koşulları.

İşlem Koşulları	
Sıcaklık	40°C
Süre	30 dk
Bilye Sayısı	10 çelik bilye
Banyo Oranı	1/50

Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin, yıkamaya karşı renk haslığı testi sonrası solma ve lekeleme sonuçları Tablo 44’de verilmiştir.

Tablo 44: Konvansiyonel yöntemle ön işlem gören ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin ve multifiber kumaşın yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları.

Test Numuneleri	Konvansiyonel Yöntem ile Çalışılan Numuneler						
	Solma	Lekeleme ^b					
		1	2	3	4	5	6
NaOH	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz	5	5	5	5	5	5	5
Selülaz	4-5	5	5	5	5	5	5
Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Selülaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5	5	5	5	5	5	5
^b 1:Sekonder Selüloz Asetat, 2:Ağartılmış Merserize Pamuk, 3:Poliamid 6,6, 4:Poliester, 5:Akrilik, 6:Yün							

Tablo 44’de verilmekte olan konvansiyonel yönteme göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmış kumaş numunelerinin yıkaya karşı renk haslık testleri kabul edilebilir değerlerde ve oldukça yüksek (5) bulunmuştur.

Mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gören ve ardından konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin, yıkamaya karşı renk haslığı testi sonrası solma ve lekeleme sonuçları Tablo 45’de yer almaktadır.

Tablo 45: Mikrodalga enerjisi ile ön işlem gören ve ardından reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin ve yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları.

Test Numuneleri	Mikrodalga Yöntemi ile Çalışılan Numuneler						
	Solma	Lekeleme ^b					
		1	2	3	4	5	6
NaOH	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz	5	5	5	5	5	5	5
Selülaz	5	5	5	5	5	5	5
Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Selülaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	5	5	5	5	5	5	5
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	5	5	5	5	5	5	5
^b 1:Sekonder Selüloz Asetat, 2:Ağartılmış Merseyize Pamuk, 3:Poliamid 6.6, 4:Poliester, 5:Akrilik, 6:Yün							

Tablo 45’de yer almakta olan mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak boyanmış kumaş numunelerinin yıkamaya karşı renk haslık testleri yine kabul edilebilir değerlerde ve oldukça yüksek (5) bulunmuştur.

Mikrodalga enerjisi yardımıyla kısa sürede gerçekleştirilmiş olan ön işlemler sonrası konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde ile boyanan kumaş numunelerinin yıkamaya karşı renk haslık test sonuçları, sürtünmeye karşı renk haslık test sonuçlarında tespit edildiği gibi, konvansiyonel olarak ön işlem görüp boyanmış kumaş numunelerinin sonuçları ile aynıdır.

4.9 Ön İşlemlerin Sağladığı Avantajlar

Uygulanan konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlemlerin, işlem süresinden sağladıkları avantajlar ve her bir işlem adımı harcanan su miktarları Tablo 46 sunulmuştur.

Tablo 46: Ön işlem görmüş test numunelerinin konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre süre ve su miktarı.

Ön İşlem Görmüş Test Numuneleri	Konvansiyonel Yöntem		Mikrodalga Yöntemi		
	Süre (dk)	Su Miktarı (mL)	Süre (dk)		Su Miktarı (mL)
NaOH	60 dk	200 mL	3 dk 30 sn + 2 dk 30 sn	6 dk	200 mL
Pektinaz	30 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Selülaz	30 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Lakkaz	40 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Pektinaz+Selülaz	30 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Pektinaz+Lakkaz	40 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Pektinaz+Selülaz+Lakkaz	40 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL
Pektinaz+Lakkaz+Selülaz	30 dk	200 mL	1 dk 40 sn + 1 dk 30 sn	2 dk 10sn	200 mL

Tablo 46’da sunulmuş olan işlem sürelerinden hesaplanan, mikrodalga enerjisi yardımıyla gerçekleştirilecek ön işlemlere ait yüzde (%) zaman tasarruf miktarlarına ise Tablo 47’de yer verilmiştir.

Tablo 47: Ön işlem görmüş test numunelerinin konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi yöntemine göre süre farkları.

Ön İşlem Banyoları	Konvansiyonel Yöntem ile Mikrodalga Enerjisi Süre Farkları	
	(dk)	(%)
NaOH	54 dk	90
Pektinaz	26 dk 50 sn	89.4
Selülaz	26 dk 50 sn	89.4
Lakkaz	36 dk 50 sn	90
(Pektinaz)+Selülaz	26 dk 50 sn	89.4
(Pektinaz)+Lakkaz	36 dk 50 sn	90
(Pektinaz+Selülaz)+Lakkaz	36 dk 50 sn	90
(Pektinaz+Lakkaz)+Selülaz	26 dk 50 sn	89.4

Tablo 46 ve 47’de görülmekte olan işlem süreleri birbirleri ile karşılaştırıldıklarında tüm ön işlemlerde, mikrodalga enerjisinin kullanımı yaklaşık %90 zamandan tasarruf sağlamaktadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Genel Sonuçlar

Bu bölümde, her bir ön işlem ayrı bir başlık altında incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. Ön İşlemlere İlişkin Sonuçlar

Ham haldeki, %100 pamuklu örme kumaşın, çektirme metoduna göre, konvansiyonel ve mikrodalga enerjisi yardımı ile olmak üzere iki farklı yöntem ile hidrofilleştirilmesi ve ardından reaktif boyarmadde ile konvansiyonel olarak boyanması işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için, ilk olarak kumaş numuneleri konvansiyonel olarak sırasıyla sodyum hidroksit, pektinaz, selülaz, lakkaz, pektinaz ardından selülaz, pektinaz ardından lakkaz, pektinaz ardından selülaz ile işlem sonrası lakkaz ve pektinaz ardından lakkaz ile işlem sonrası selülaz enzimleri ile literatürde önerilen şekilde uygun sıcaklık, süre ve madde miktarı ile konvansiyonel olarak işleme tabi tutulmuştur. Aynı ön işlemler mikrodalga enerjisi yardımı ile önce mikrodalga fırın içindeki ön işlem banyolarını uygun işlem sıcaklığına getirmek için optimize edilmiş, ardından bu sıcaklığın sabit kaldığı süreler içinde, konvansiyonel yöntemde bahsedildiği işlem sırasına göre bir dizi öne işleme tabi tutulmuştur.

Konvansiyonel olarak gerçekleştirilen ön işlemlerde sodyum hidroksit ile ön işleme tabi tutulan pamuklu örme kumaş numuneleri damlatma testine göre ham halde iken ıslanma süreleri >1 dakika iken, ortalama 1 saniyede ıslanmış, bu numunelere en yakın sonuç pektinaz ardından selülaz ile işlem sonrası lakkaz ile ön işleme tabi tutulan numunelerde (1 saniye 18 salise) elde edilmiştir. Aynı işlemler mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirildiğinde ise, sodyum hidroksit ile ön işlem sonrası numunelerin ıslanma süreleri ortalama 3 saniye iken, pektinaz ardından selülaz ile işlem sonrası lakkaz ile ön işleme tabi tutulan numunelerde bu süre ortama 4 saniye ile sodyum hidroksit ile hidrofilleştirmeye en yakın sonuç olarak tespit edilmiştir. Numunelerin temas açıları ölçüldüğünde elde edilen sonuçların damlatma testine göre hidrofilite tayini ile örtüştüğü görülmektedir. Ham kumaşın temas açısı ortalama 100 ° olarak ölçülürken, konvansiyonel

yönteme göre sodyum hidroksit ile işlem gören numunelerin temas açısı ortalama 15° civarında, mikrodalga enerjisi yardımı ile işlem gören kumaşın temas açısı ise yaklaşık 7° olarak ölçülmüştür. Enzimatik olarak ön işlem gören numuneler karşılaştırıldığında bu sonuçlara en yakın değerler yine pektinaz ardından selülaz ile işlem sonrası lakkaz enzimi ile ön işleme tabi tutulan numunelere aittir. Konvansiyonel yönteme göre pektinaz ardından selülaz ile işlem sonrası lakkaz enzimi ile işlem gören numunelerin temas açıları ortalama 66° iken bu değer mikrodalga enerjisi yardımı ile işlem gören numunelerde ortalama olarak 69°'dir.

Her iki yönteme göre ön işlem gören kumaş numunelerinin beyazlık indekslerin ham hallerindeki beyazlık indeksine göre artmış olsa da kendi aralarında önemli bir değişim bulunmamaktadır. Benzer sonuçlar sarılık indeksi ölçüm sonuçlarında da görülmektedir.

Boncuklanma testi ön işlem ve boyama sonrası olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Ön işlem sonrası ve boyama sonrası kumaş numunelerinin boncuklanma eğiliminde önemli bir değişim gözlenmezken, her iki yönteme göre ön işlem gören ve ardından konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde ile boyanan numunelerin boncuklanma test sonuçları 4 ve üzeri olarak ölçülmüştür. Boncuklanma test sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde numunelerin mikrodalga enerjisi yardımı ile ön işlem görmelerinin boncuklanma eğilimlerine olumsuz bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

2. Boyama İşlemlerine İlişkin Sonuçlar

Her iki yönteme göre ön işlem gördükten sonra konvansiyonel olarak reaktif boyarmadde ile gerçekleştirilen boyamaların tekrarlanabilir olduğu görülmüştür. Boyanmış numunelerin renk farklılıkları değerlendirildiğinde pek çok ön işlemin renkleri birbirine oldukça yakınken pek azında renk farklılığı tespit edilmiştir. Bu farklılıkların bazılarında ise mikrodalga enerjisi yardımı ile ön işlem gören numunelerin konvansiyonel olarak işlem görenler ile karşılaştırıldığında daha koyu boyandıkları açıktır.

3. Renk Haslıklarına İlişkin Sonuçlar

Reaktif boyarmaddeler ile boyanan numunelerin yıkama ve sürtünme haslıklarına ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde gerek yıkamaya karşı (lekeleme ve solma) gerekse sürtünmeye karşı (kuru ve yaş) haslık değerlerinin yüksek (5) olduğu görülmektedir.

4. Ön İşlemelerin Sağladığı Avantajlara İlişkin Sonuçlar

Bulgular ve Tartışma bölümünde verilmekte olan Tablo 46 ve 47’de tüm uygulamalara ait harcanan su miktarları ve süreler sunulmuştur.

Enzimler kendi aralarında incelendiğinde ise pektinaz ve selüloz enzimi için ayrı ayrı hazırlanan banyolarda kullanılan su oranları aynı olmakla birlikte ön işlem süreleri lakkaz enzimi ile hazırlanan banyolara oranla 10 dakika daha kısa sürmektedir.

NaOH ile hazırlanan ön işlem banyo su miktarı enzimlerle hazırlanmış banyo su miktarı ile aynı orandadır. Fakat NaOH ile yıkama işleminde kullanılan su miktarı 600 mL, enzimatik ön işlem görmüş numunelerin yıkanmasında kullanılan su miktarı ise her bir enzimle çalışılan numune için 200 mL’ dir. Enzimler yardımı ile kumaşlara uygulanan ön işlemlerin önemli miktarda yıkama banyosunda kullanılacak sudan tasarruf sağlamakta olduğu açıktır.

İki yöntemin de süreleri incelendiğinde mikrodalga enerjisinin büyük oranda (ortalama %90) zamandan kazanç sağladığı görülmektedir.

Çevre dostu enzimatik ön işlemlerin, ortalama %50 oranında zamandan ve ortalama 1/3 oranında sudan tasarruf sağlayarak yüksek kalitede ön işlem uygulamalarına imkan tanıyor olması, aynı zamanda boyama adımı ile ön işlem adımlarının kombine edilmesine olanak tanması Öner ve Yılmaz Şahinbaşkan (2011) tarafından gerçekleştirilen laboratuvar ve pilot ölçekli deneysel çalışmalar ile ortaya konmuştur. Bu bulgular mikrodalga enerjisi yardımıyla işlem sürelerinden sağlanacak ortalama %90 zamandan tasarruf ile birleştirildiğinde, yeni çevre dostu, daha kısa sürede, daha az su tüketerek ve daha az enerji kullanarak karbon ayak izini azaltacak, sürdürülebilir kombine ön işlem ve boyama proseslerinin geliştirilebilir olduğunu işaret etmektedir.

5.2 Öneriler

1. Tüm bu bulgular ve genel sonuçlar çerçevesinde mikrodalga enerjisinin kullanılması, enzimatik ön işlemlerin uygulanmasının kısa sürede gerçekleşmesine imkan tanıdığından, çevre dostu yeni yöntemlerin geliştirilmesine olanak sağlayabilir.

2. Mikrodalga enerjisi yardımıyla ön işlemler sonrası gerçekleştirilecek boyama işlemleri de mikrodalga enerjisi yardımıyla daha kısa sürede gerçekleştirilebilir. Mikrodalga enerjisi yardımıyla boyama reçetelerinin optimizasyonu ile konvansiyonel yöntemle alternatif boyamalar gerçekleştirilebileceği Yüce (2010)'un gerçekleştirmiş olduğu deneysel çalışmalarda açıkça ortaya konmaktadır. Bu yönde çalışmalara devam edilerek boyama verimliliği ve renk tekrarlanabilirliğinin farklı reaktif boyarmaddeler ile artırılabilirliği düşünülmektedir.
3. Konvansiyonel yöntemle göre gerçekleştirilen laboratuvar ve pilot ölçekli deneysel çalışmalar ile Öner ve Yılmaz Şahinbaşkan (2011) tarafından enzimatik ön işlemler ve reaktif boyarmaddeler ile pamuklu dokuma kumaşların kombine boyanabileceği ortaya konmuştur. Bu bilgiler ışığında mikrodalga enerjisi yardımı ile gerçekleştirilecek ön işlemler ile boyama işlem adımı kombine edilerek tek adımda gerçekleştirilebilir. Kombine işlemlerin boyama verimliliği, konvansiyonel işlemlerdeki verimlilik ile karşılaştırılabilir.
4. Pamuk lifinin poliestere, bambu vb. farklı lifler ile farklı oranlarda karışımından oluşan tekstil materyallerine mikrodalga enerjisi yardımıyla kombine ön işlem ve boyama işlemleri uygulanabilir, konvansiyonel işlemlere alternatif bu yeni yöntemin avantajları karşılaştırılabilir.
5. Pamuk lifine alternatif rejenere selülozik esaslı liflerde mikrodalga enerjisinin ön işlemler ve boyama verimliliğine etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Arık, B., Ekmekçi Körlü, A. ve Duran, K. (2008). Lakkaz Enzimlerinin Tekstilde Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 17-22.
- Atav, R. ve Ekinci Karaboğa, S. (2017). Proteazlarla Enzimatik Modifikasyon Yoluyla İpek Liflerinin Boyanabilirliğinin Geliştirilmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (2017): 138-146.
- Balcı, O., Asker, Ğ. ve Kurtoglu, N. (2010). Biyoparlatma ve Reaktif Boyama İşlemlerinin Kombine Uygulanması ile Hızlı Boyama Prosesi, *Mühendis Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(1): 39-48.
- Basto, C., Tzanov, T. ve Cavaco-Paulo, A. (2007). Combined Ultrasound-Laccase Assisted Bleaching of Cotton, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14: 350-354.
- Başer, İ. (1992). *Elyaf Bilgisi*. Marmara Üniversitesi Yayınları: 524, İstanbul, 179 s.
- Başer, İ. (1998). *Tekstil Teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Yayınları: 634, İstanbul, 307 s.
- Büyükakıncı, B.Y. (2005). Özel Yöntemlerle Polipropilen Elyafının Boyanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 125 s.
- Davulcu, A. (2008). Pamuklu Kumaşların Ön Terbiye Proseslerinin Enzimatik Yöntemlerle Kombine Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 160 s.
- Dede, E. (2012). Boyanmış Pamuklu Örme Kumaşlarda Yıkama Renk Haslıklarındaki Değişimin Renk Ölçümleri İle Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 93 s.
- Demir, A. ve Torun, R. (2003). *Tekstil Üretim Yöntemleri*. Şan Ofset Yayınevi, İstanbul, 336 s.
- Demiralp, B., Büyük, İ., Aras, S. ve Cansaran Duman, D. (2015). Lakkaz Enziminin Endüstriyel ve Biyoteknoloji Alanında Kullanımı, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(4): 351-368.
- Duran, K., Bozacı, E. ve Karahan, A. (2007). Protein Esaslı Mamüllerin Enzimatik Ön Terbiyesi, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 3: 187-192.
- Duran, K. ve Y. Ayaz, Ö. (1999). Selülozların Rejenere Selüloz Liflerinde Kullanımıyla Alternatif Terbiye Prosesleri, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 5: 390-396.

- Eker, P. (2011). Farklı Hammaddeler İçeren Lycralı Dokuma Kumaşlarda Biyo-Parlatma ve Biyo-Parlatmanın Kumaş Performansına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 104 s.
- Eren, H.A, Anış, P. ve Davulcu, A. (2009). Enzymatic One-Bath Desizing-Bleaching-Dyeing Process for Cotton Fabrics, *Textile Research Journal*, 70 (12): 1091-1098.
- Gedikli, S., Aytar, P., Çabuk, A., Ünal, A. ve Kolankaya, N. (2010). Lakkaz Enzimi ile Kot Boyarmaddesinin Dekolorizasyonu, *Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 1(1): 59-70.
- Gürten, İ.I. (2008). Çay Atığından Adsorbent Üretimi ve Üretilen Adsorbentin Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 150 s.
- Haliskaranfil, S. (2012). Termoalkalifilik Amilaz ve Selüloz Enzim (Multi Enzim) Üreticisi Bacillus sp. İzolasyonu Enzimlerin Karakterizasyonu ve Biyoteknolojik Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana, 180 s.
- Hemmpel, W.H. (1991). The Surface Modification of Woven And Knitted Cellulose Fibre Fabrics By Enzymatic Degradation, *ITB Dyeing/Printing/Finishing* 3: 5-14p.
- İşmal, Ö.E. (2003). Pamuklu Kumaşların Enzimatik Yöntemle Hidrofilleştirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 273 s.
- Karapınar, E. ve Sarıışık, M.O. (2004) Scouring of Cotton with Cellulases, Pectinases and Proteases, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12(3) (47): 79-82s.
- Keskin, R. (2006) Reaktif Boyarmaddelerle Pamuklu Ürünlerin Boyanması ve Haslık Değerlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 186s.
- Khoddami, A., Siavashi, M., Ravandi S.A.H. ve Morshed, M. (2002). Enzymatic Hydrolysis of Cotton Fabrics with Weft Yarns Produced by Different Spinning Systems, *Iranian Polymer Journal*, 11(2): 99-106.
- Kılık, Ç. (2014). Pamuklu Örme Tekstil Yüzeylerinin Ön Terbiye İşlemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 53 s.
- Kunduracı, T. (2005). Pamuklu Kumaşların Zayıf Asidik Ve Bazik Ortamda Aynı Banyoda Ön Terbiye İşlemleri, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 314 s.

- Kürtüncü, E. (2013). Pamuklu Kumaşların Enzimatik Ön Terbiyesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 139 s.
- Mavruz, S. ve Oğulata, R.T. (2007). Tekstil Terbiyesinde Biyoparlatma Uygulamaları ve Pamuklu Örme Kumaşların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi, *Tekstil ve Mühendis*, 14: 66, 15-22s.
- Mason, T.J. ve Lonmier., J.P. (1988). Sonochemistry: Theory, Applications and Uses of Ultrasound in Chemistry, *Ellis Horwood Limited*.
- Öner, E. ve Yılmaz, B. (2005). New Approach to Single-Bath Combined Dyeing, *5th International Istanbul Textile Conference*, pp.19-21 May, Lecture No: DFT-17, Swissotel The Bosphorus, Istanbul.
- Öner, E. ve Yılmaz-Şahinbaşkan, B. (2011). A New Process of Combined Pretreatment and Dyeing: REST, *Journal of Cleaner Production*, 19(14): 1668-1675.
- Özyılmaz, G. (2005). Glukoz Oksidaz ve Katalazın Ayrı Ayrı ve Birlikte İmmobilizasyonu ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana, 174 s.
- Quandt, C. ve Kulh, B. (2000). Operational Possibilities and Optimisation of Enzymatic Processes in Textile Finishing Industry, *Melliand English*, 10, E1 98-200s.
- Sancar, B., Paksoy, N., Balcı, O. ve Kurtoglu, N. (2012). Pamuklu Dokuma Kumaşların Boyamaya Hazırlık İşlemlerinde Enzim Kullanım Olanaklarının İncelenmesi ve Kombine Proses Geliştirilmesi, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 19: 86, 7-13.
- Stanescu, M. D., Dochia, M., Radu, D. ve Sirghie, C. (2010). Green Solution for cotton Scouring, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(3): 109-111.
- Şahin, U. K. (2003). Pektinaz Enzimleriyle Pamuklu Tekstil Ürünlerinin Ön Terbiye İşlemlerinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 152 s.
- Toprak, T. (2014). Pamuklu Kumaşlarda Kombine Enzim Proseslerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 157 s.
- Türk, B. (2008). İmmobilize Lipaz Enzimi Kullanılarak Etil Bütirat Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Biyokimya Bilim Dalı, Ankara, 65 s.
- Yachmenev, V. G., Blanchard, E.J. ve Lambert, A.H. (2004). Use of Ultrasonic Energy for Intensification of The Bio-Preparation of Greige Cotton, *Ultrasonics*, 42 (1-9): 87-91.

- Yener, F. (2008). Pektinaz Enziminin Farklı İki Destek Üzerine İmmobilizasyonu ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana, 57 s.
- Yılmaz, B. (2004). Selülozik Materyallerin Tek Banyoda Kombine Proses ile Boyanmasında Optimizasyon, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 152 s.
- Yılmaz, B. ve Öner, E. (2005). Dyeing of Untreated Cotton by One-Bath Combined Process Using Various Enzymes, *84th Textile Institute Annual World Conference*, March, 4th Session, No: 156, Raleigh, North Carolina.
- Yılmaz Şahinbaşkan, B. (2010). Selülozik Elyaf İçeren Materyallerin Çevre Dostu Yöntemlerle Boyanması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 369 s.
- Yılmaz Şahinbaşkan, B. (2012). Dyeing Properties of Bamboo/Cotton Blended Yarns by Single-Bath Combined Process, *Asian Journal of Chemistry*, 24 (4): 1638-1642.
- Yılmaz Şahinbaşkan, B., Koçak D., Merdan, N. ve Akalın, M. (2017). Dyeing of Polypropylene Blends By Using Microwave Energy, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics (JEFF)*, 12 (2): 20-27.
- Yüce, İ. (2010). Poliester/Yün İplik Karışımlarının Boyanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 119 s.
- URL-1 (2017). http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi_deposu/pamuklu_mallarda_pektinaz_enzimi_kullanimi_ve_hidrofilite.html, Yıkama Haslığı Testi, 07 Kasım 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hacer ÖZGEN
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 1988

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Tekstil Öğretmenliği
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce / Arapça
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : Pamuklu Örme Kumaşların Reaktif Boyarmaddeler ile
Boyanmasına Mikrodalga Enerjisi Yardımı ile Uygulanan
Enzimatik Ön İşlemlerin Etkisi

İş Deneyimi

Stajlar : Hamarat Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş./İstanbul
İngilizce
Arapça
Bilgisayar İşletmenliği
Projeler ve Kurs Belgeleri : Guaj Boya Resim Sanatı Tekniği
Yönetim Sistemleri İç Denetçilik Eğitimi-GOLDCERT
TS 18001:2008(OHSAS 18001-2007) Maddesel Analiz-
Şartlar-GOLDCERT
Bensu Triko Sanayi ve Ticaret A.Ş. / İstanbul
Çalıştığı Kurumlar : Öztürk Tekstil / İstanbul
Necip Fazıl Kısakürek A.İ.H.L / İstanbul

İletişim

E-Posta Adresi : hacerun@gmail.com

Tarih : 20/06/2018 (Tez sınav tarihi)

