



**REAKTİF BOYALARIN UYGULANDIĞI SELÜLOZİK ELYAFLARDA
ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİKLERİN İNCELENMESİ**

Eda TÜRKÖZ

**DOKTORA TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2015

Eda TÜRKÖZ tarafından hazırlanan “REAKTİF BOYALARIN UYGULANDIĞI SELÜLOZİK ELYAFLARDA ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİKLERİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşğıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Atilla MURATHAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

İkinci Danışman Prof. Dr. Ayşe MURATHAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan : Prof. Dr. Emine KILIÇ

Kimya Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

ye : Prof. Dr. İbrahim TÜKENMEZ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

ye : Prof. Dr. Leyla AÇIK

Biyoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

ye : Prof. Dr. Gülay ÖZKAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

ye : Doç. Dr. Mustafa TUTAK

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Erciyes Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 26/11/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Eda TÜRKÖZ

26.11.2015

REAKTİF BOYALARIN UYGULANDIĞI SELÜLOZİK ELYAFLARDA ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİKLERİN İNCELENMESİ

(Doktora Tezi)

Eda TÜRKÖZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2015

ÖZET

Tüketicilerin artan satın alma gücü, refah düzeyi ve seçiciliğine bağlı olarak, tekstil malzemesinde üniform rengin yanında fonksiyonel özelliklerin de sağlanması gereklidir. Mikroorganizmaların tekstil materyali üzerinde kontrolsüz çoğalması ile renk değişimi, kötü koku, tutum özelliklerinin kötüleşmesi, performans özelliklerinin olumsuz etkilenmesi gibi pek çok istenmeyen sonuç ortaya çıkabilir. Bu doktora çalışmasında, deri florasına uyumlu, antibakteriyel aktivitede kullanılan, gümüş ve çinko bileşiklerinden faydalanılarak, ham örülmüş penye kumaşlar 3 farklı renkte reaktif boyanın kullanıldığı çektirme yöntemi ile 70°C’de boyanmıştır. Boyama sürecinde, flotte oranı, tuz ve soda miktarı sabit tutulurken antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasalların türü ve miktarı değiştirilmiştir. Boyama işleminden sonra deterjansız yıkama yapılan kumaşlarda ışık, yıkama ve sürtme haslıkları, K/S renk verimi ve renk koordinatı ölçümleri yapılarak, çekim ve fikse yüzdeleri belirlenmiştir. Antibakteriyel kimyasallar, kullanılan kumaşın kütlesine göre %0,5 - %3 aralığında değişen miktarlarda kullanılarak *E.coli*, *S.aureus* ve toplam bakteri sayımlarında etkinlik belirlenmiştir. Yıkama şartlarının zorlanmasıyla on kez tekrarlı yıkanan kumaşlarda antibakteriyel aktivite ve haslık testleri tekrarlanmıştır. Normal ve zorlanmış yıkama şartlarının her ikisinde de yüksek renk verimi, haslık ve antibakteriyel aktivite sonuçları elde edilmiştir. Canlı kalan bakteriler için inaktivasyon kinetiği geliştirilerek azalma oranları belirlenmiştir. Gümüş nitrat bileşiklerine göre daha ucuz olan çinko oksit ve çinko borat bileşiklerinin kullanılmasıyla hemen hemen eşdeğer antibakteriyel aktivite sağlanmasının yanı sıra selülozik kumaşta haslık değerleri ve renk veriminin azalmadığı tespit edilmiştir. Bütün bu özelliklerinden dolayı çinko bileşiklerinin tekstil sektöründe kullanılması oldukça avantaj sağlayabilir.

Bilim Kodu : 912

Anahtar Kelimeler : Reaktif boya, antibakteriyel aktivite, renk verimi, haslık, inaktivasyon

Sayfa Adedi : 100

Danışman : Prof. Dr. Atilla MURATHAN

İkinci Danışman : Prof. Dr. Ayşe MURATHAN

INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL EFFICIENCIES IN CELLULOSIC FIBERS
IN WHICH REACTIVE DYES ARE APPLIED

(Ph. D. Thesis)

Eda TÜRKÖZ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2015

ABSTRACT

Depending on the increasing purchase capacity, welfare level and selectivity of consumers, in textile material, in addition to uniform color the functional properties has also to be provided. Because of the uncontrolled proliferation of microorganisms on the textile material, many unintended consequences like color change, bad odor, deterioration of behavior characteristics, negative effects on the performance characteristics may occur. In this PhD study, raw knit fabrics, by utilizing, silver and zinc compounds which are compatible with the skin flora and usable in antibacteriability were painted with exhaust process in which 3 different color reactive dye were used at 70°C. During dying process, while flote ratio, amount of salt and soda kept constant, type and quantity of chemicals used for antibacteriability were changed. After dying process, light, wash and rubbing fastness, K/S color efficiency and color coordinate measurements of fabrics washed without detergent were done and shots and fixed percentages were determined. By using antibacterial chemicals of varying amounts in the range of 0.5% - 3% according to the mass of used fabrics, *E.coli*, *S.aureus* and total bacteria efficiency in counting were determined. Antibacteriability and fastness tests of fabrics washed ten times repetitively were repeated by forcing washing conditions. High color efficiency, fastness and antibacteriability results were obtained in both normal and forced washing conditions. For surviving bacteria, decrease rates were determined by improving inactivation kinetics. By use of zinc oxide and zinc borate compounds which are less expensive than silver nitrate, not only providing almost equivalent antibacteriability, but also the fact that fastness values and color efficiency do not decrease was determined in cellulosic fabric. For all these characteristics the use of zinc compounds in textile industry may provide pretty advantages.

Science Code : 912

Key Words : Reactive dye, antibacterial activity, color yield, fastness, inactivation

Page Number : 100

Supervisor : Prof. Dr. Atilla MURATHAN

Co-Supervisor : Prof. Dr. Ayşe MURATHAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocalarım Prof. Dr. Ayşe MURATHAN ve Prof. Dr. Atilla MURATHAN' a, deneylerimi yaparken laboratuvarından faydalandığım merhum hocam Prof. Dr. Ahmet ALICILAR' a, antibakteriyel deneylerin ve haslık testlerinin yapılması için laboratuvar imkânını sağlayan Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mustafa TUTAK' a, boyaların ve kumaşların teminini sağlayarak deneylerime en kısa zamanda başlamamı sağlayan Denge Kimya ve Tekstil San. Tic. Ltd. Şti. şirketinde çalışan Haluk Can Hür ve Hakan Türksever'e, malzeme temininde yardımlarını esirgemeyen ablam Dr. Hande Öz'e, çalışmalarına devam etmemi sağlayan İçişleri Bakanlığı Nüfus ve Vat. İşl. Gn. Md. Arşiv Daire Başkanı Nejdet ÖZTÜRK' e, hayatımın bütün döneminde hiçbir desteği esirgemeyen AİLEME, zorlu çalışma dönemlerinde her zaman sevgisi ve desteğiyle yanımda olan eşim Görkem TÜRKÖZ' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. REAKTİF BOYARMADDELER VE PAMUKLU ELYAF BOYAMA	3
2.1. Reaktif Boyarmaddelerin Avantaj ve Dezavantajları.....	4
2.2. Reaktif Boyarmaddelerle Pamuğun Boyanmasında Temel Kavramlar	5
2.3. Haslıklar ve Boyama Verimi.....	8
2.3.1. Boyama veriminin belirlenmesi.....	8
2.3.2. Renk ölçümü.....	9
2.3.3. Boyama haslıkları.....	11
2.3.4. Haslık değerlendirme.....	12
3. ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK VE İNAKTİVASYON KİNETİĞİ ...	13
3.1. Mikroorganizmalar ve Tekstil Mamullerine Etkileri	13
3.2. Antibakteriyel Özellik.....	14
3.2.1. Bakterileri tanımlama ve boyama yöntemleri.....	14
3.3. Antibakteriyel Aktivite Belirleme Testleri	19
3.4. İnaktivasyon Kinetiği ve Modelleri	22

	Sayfa
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	25
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	39
5.1. Reaktif Boyalar	39
5.2. Boyama İşlemi	39
5.3. Boyama Reçetesi	40
5.4. Antibakteriyel Aktivite için Kullanılan Kimyasallar	40
5.5. Ekipmanlar	41
5.6. Yıkama	41
5.7. Haslık Tayinleri	41
5.8. Fikse ve Çekim	42
5.9. ASTM E2149-01 Antibakteriyel Aktivite Testleri.....	42
5.10. On Kez Yıkama	44
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	45
6.1. Haslık	45
6.2. Renk Verimi (K/S)	50
6.3. CIE L*, a*, b* Renk Koordinatları	54
6.4. Çekim Yüzdesi	55
6.5. Fikse Yüzdesi.....	59
6.6. Antibakteriyel Aktivite.....	62
6.7. İnaktivasyon Kinetiği Simülasyonu	68
6.8. On Kez Yıkanmış Kumaşlarda Haslık	72
6.9. On Kez Yıkanmış Kumaşların K/S Renk Verimi	76
6.10. On Kez Yıkanmış Kumaşların CIE L*, a*, b* Renk Koordinatları.....	78
6.11. On Kez Yıkanmış Kumaşlarda Antibakteriyel Aktivite.....	79

	Sayfa
7. ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	94
EK-1. ASTM E 2149-01 Standartı.....	95
EK-2. Kalibrasyon grafikleri.....	98
ÖZGEÇMİŞ	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Denactive red brn için haslık değerleri	45
Çizelge 6.2. Denactive navy blue için haslık değerleri.....	47
Çizelge 6.3. Denactive yellow için haslık değerleri	49
Çizelge 6.4. Boyanmış kumaşlara ait renk koordinatları	54
Çizelge 6.5. Denactive navy blue için boyama çekiminin zamanla değişimi.....	56
Çizelge 6.6. Denactive yellow için boyama çekiminin zamanla değişimi	57
Çizelge 6.7. Denactive red için boyama çekiminin zamanla değişimi	58
Çizelge 6.8. Denactive navy blue için fikse yüzdesi	60
Çizelge 6.9. Denactive yellow için fiske yüzdesi	61
Çizelge 6.10. Denactive red için fikse yüzdesi	61
Çizelge 6.11. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için <i>Escherichia coli</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları	63
Çizelge 6.12. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için <i>Staphylococcus aureus</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları	65
Çizelge 6.13. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için <i>Toplam bakteri</i> antibakteriyel aktivite sonuçları	67
Çizelge 6.14. Denactive red brn için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları	73
Çizelge 6.15. Denactive navy blue için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları.....	74
Çizelge 6.16. Denactive yellow için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları.....	75
Çizelge 6.17. On kez yıkanmış kumaşlara ait renk koordinatları	79
Çizelge 6.18. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın <i>Escherichia coli</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları	80
Çizelge 6.19. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın <i>Staphylococcus aureus</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.20. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için 10 kez yıkanmış kumaşın <i>Toplam bakteri</i> antibakteriyel aktivite sonuçları.....	84

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısal özellikleri	3
Şekil 2.2. CIE, L, a ,b renk uzayı.....	10
Şekil 3.1. <i>E. coli</i> bakterisinin morfolojik görünümü.....	17
Şekil 3.2. <i>S. aureus</i> bakterisinin morfolojik görünümü.....	18
Şekil 3.3. ASTM E2149-01 standardına göre yapılan farklı konsantrasyonlar için organizma çoğalmasının değişimi.....	20
Şekil 5.1. Reaktif boyanın kimyasal yapısı.....	39
Şekil 5.2. Boyama İşlemi.....	40
Şekil 6.1. Denactive yellow için K/S renk verimi sonuçları.....	51
Şekil 6.2. Denactive red için K/S renk verimi sonuçları.....	52
Şekil 6.3. Denactive navy blue için K/S renk verimi sonuçları	53
Şekil 6.4. Kırmızı, mavi ve sarı için boyama çekiminin zamanla değişimi.....	59
Şekil 6.5. Kırmızı, mavi ve sarı için fiske yüzdesinin zamanla değişimi	62
Şekil 6.6. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için <i>Escherichia coli</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları.....	64
Şekil 6.7. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için <i>Staphylococcus aureus</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları.....	66
Şekil 6.8. Çinko borat ilavesiyle <i>E.coli</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu....	68
Şekil 6.9. Çinko borat ilavesiyle <i>S. aureus</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu.....	69
Şekil 6.10. Çinko oksit ilavesiyle <i>E. coli</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu	70
Şekil 6.11. Çinko oksit ilavesiyle <i>S. aureus</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu.....	70
Şekil 6.12. Gümüş nitrat ilavesiyle <i>E. coli</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu.....	71

Şekil	Sayfa
Şekil 6.13. Gümüş nitrat ilavesiyle <i>S. aureus</i> bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu.....	72
Şekil 6.14. Denactive yellow için K/S renk verimi sonuçları.....	76
Şekil 6.15. Denactive red için K/S renk verimi sonuçları.....	77
Şekil 6.16. Denactive navy blue için K/S renk verimi sonuçları	78
Şekil 6.17. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın <i>Escherichia coli</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları.....	81
Şekil 6.18. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın <i>S. aureus</i> bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
m³	Metreküp
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
m²	Metrekare
g	Gram
L	Litre
mL	Mililitre
µm	Mikrometre
MPa	Megapascal
I₀	Gelen ışığın şiddeti
I	Ayrılan ışığın şiddeti
K/S	Renk verimi
CFU	Koloni oluşturuucu birim

Kısaltmalar**Açıklamalar****ASTM**

American society for testing and materials

CIE

Uluslararası aydınlatma örgütü

MİK

Minimum inhibitör konsantrasyonu

MLK

Minimum öldürücü doz

ISO

Uluslararası Standartlar Teşkilatı

TDT

Termal ölüm eğrisi

1. GİRİŞ

Tekstil sektöründe müşteri taleplerindeki değişim artan satın alma gücü ve refah düzeyine bağlı olarak daha yüksek konfor, daha fazla hijyen arama yönündedir. Özellikle alım gücü yüksek Avrupa ülkeleri, Kuzey Amerika ülkeleri ve Japonya’da antimikrobiyal tekstil ürünlerine olan talebin artmakta olması pek çok tekstil markasını bu alanda ürün geliştirmeye yöneltmektedir. Ticari olarak satışa sunulmakta olan antibakteriyel tekstillerde antibakteriyel etken madde olarak gümüş, polihekzametilen biguanid, kuarternar amonyum bileşenleri ve triklosan kullanılmaktadır. Antibakteriyel etken maddeler arasında etkinliğin kalıcılığı ve yıkamaya dayanımı ile ilgili farklılıklar olduğu bilinmektedir. Antibakteriyel tekstil ürünlerinin kullanımı toplum ve birey sağlığı açısından risk azaltma yönünden fayda sağlamaktadır [1].

Mikroorganizmaların tekstil materyali üzerinde kontrolsüz çoğalması, tekstil materyali üzerinde renk değişimi, kötü koku, tutum özelliklerinin kötüleşmesi, performans özelliklerinin olumsuz etkilenmesi gibi pek çok istenmeyen sonuca neden olmaktadır. İnsan sağlığı açısından bakıldığında ise özellikle hastanelerde, mikroorganizmaların taşınması ile enfeksiyonun yayılması sonucunu doğurmaktadır. Bu durum antibakteriyel tekstil ürünlerini daha çok üretilir ve kullanılır hale getirmektedir. Antibakteriyel tekstiller ilk kullanılmaya başladıklarında kullanımları sadece toplu yaşam alanları ile sınırlı iken günümüzde, kişisel kullanım, giysi, ev tekstili, bebek tekstil ürünleri ve ev hayvanları için tekstil ürünleri şeklinde de kullanımları çeşitlenmiş ve artmıştır [2].

Bu çalışmada, deri florasına uyumlu, eski zamanlardan beri antibakteriyel olarak kullanılan gümüş ve çinkodan faydalanılmıştır. Son yıllarda gümüş nano partiküllerinin yara örtülerinde, tıbbi aletlerin kaplanmasında, doku iskelelerinde, su arıtım sistemlerinde, kişisel bakım ürünlerinde ve tekstil ürünlerinde kullanımı hızla artmaktadır. Antibiyotiğe dirençli bakterilerin neden olduğu enfekte yaraların tedavisinde gümüş içerikli yara örtüleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Gümüş içerikli yara örtülerinde gümüş konsantrasyonu ve dağılımı, gümüş salınım mekanizması gibi özellikler tedavide önem arz etmektedir [3].

Çinko, reçetesiz satılabilen bazı merhemlerin bileşiminde bulunur ve ince bir tabaka halinde uygulandığında cildin su kaybetmesini önler. Yazın güneş, kışın da soğuk

yanıklarına karşı koruyucudur. Bebeklerin bez bağlanan bölgelerinde çok az miktarda kullanılarak ciltte meydana gelebilecek kızarıklıklar önlenebilir. Yaşa bağlı göz hastalıklarının tedavisinde de kullanılır [4].

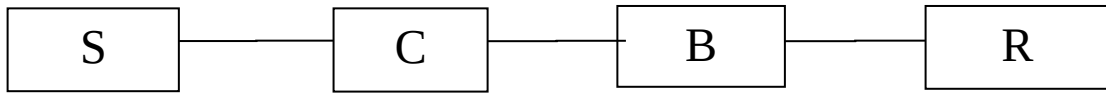
Antibakteriyel tekstiller ve uygulamalar her geçen gün daha da çok önem kazanmaktadır. Ancak antibakteriyel işlemin deri florasına zarar vermemesi, alerjen ve toksik etki yaratmaması ve çevresel zarara neden olmaması gerekmektedir. Bu amaçla bu doktora tezinde antibakteriyel kimyasal maddeler olarak vücuda zararı olmayan çinko ve gümüş bileşikleri kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal maddeler reaktif boyaya katılarak ham selülozik kumaşa çekirme yöntemi ile uygulanmıştır.

Reaktif boyarmaddelerin renk serisi çok geniş, renkleri parlak, haslık özellikleri de oldukça yüksektir. Bu nedenlerden dolayı günümüzde kaliteli pamuk liflerinin boyanmasında sıklıkla tercih edilmektedir. Reaktif boyarmaddelerle boyanan tekstil materyallerinin ışık, yıkama ve sürtmeye karşı haslıkları oldukça yüksektir. Yükseltgenlere karşıda oldukça iyi haslık özelliklerine sahiptirler [4,5].

Bu çalışmada ham selülozik kumaşlar 3 farklı renkteki reaktif boyalarla çekirme yöntemine boyanmıştır. Çalışılan sıcaklık 20⁰ C' den 70⁰ C' ye kadar arttırılmıştır. Kullanılan tuz ve baz sabit tutularak antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasalların türü ve miktarı değiştirilmiştir. Amaç kumaşların haslık ve renk verimi değerlerini etkilemeden kumaşlara antibakteriyel özellik kazandırmaktır. Boyandıktan sonra 3-4 kez yıkanan kumaşların haslık testleri yapılmıştır. Boyama yapılırken aralıklarla boyadan numuneler alınarak fikse miktarları ve süreleri belirlenmiştir. Daha sonra antibakteriyelliğin kalıcılığını test edebilmek için yıkanan kumaşlar tekrar on kez yıkanarak antibakteriyel aktivite ve haslık testleri tekrarlanmıştır. Kullanılan kimyasalların kolay temini ve özellikle çinkonun da gümüşle neredeyse eşdeğer antibakteriyel aktivite sağlaması, selülozik kumaşın haslık değerlerini düşürmeden, uygulaması kolay ve ekonomik açıdan cazip bir antibakteriyel özellik sağlamasında umut verici olabilir.

2. REAKTİF BOYARMADDELER VE PAMUKLU ELYAF BOYAMA

Reaktif boyarmaddeler, tekstil elyafı oluşturan polimerik lif molekülü ile bir kimyasal reaksiyon vererek kovalent bağ ile bağlanan boyarmaddelerdir. Bu boyarmaddeler, doğal liflerin yanı sıra yapay selülozik, doğal protein ve poliamid lifleri de boyamada kullanılmaktadır. Şekil 2.1’ de bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısal özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısal özellikleri

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 antrakınon 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 [4].

Reaktif grubun bir life bağlanması için lifin yapısında -OH, -NH₂ gibi gruplar bulunması gerekmektedir. Bazik ortamda bu gruplar ile reaktif grup arasında bir reaksiyon meydana gelerek iki molekül birbirine kovalent bağ ile bağlanır.

Reaktif boyarmaddeler, farklı yapıdaki lifleri boyayabildiğinden, boyama yöntemleri farklılık gösterir. Bu nedenle her lif türü için boyama yöntemi farklı olur. Doğal ve yapay selülozik elyafın reaktif boyarmaddelerle boyanması direkt boyarmaddelerde yapılan işleme benzerdir. Boyanacak lif sodyum klorür ya da sodyum sülfat gibi bir elektrolit

kullanılarak reaktif boyarmadde içeren banyoda, 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 bazik ortamda gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Ortamın bazik olmasını sağlamak için boyarmadde kataloglarında belirtilmiş olan uygun miktarlarda sodyum hidroksit ya da sodyum karbonat kullanılmalıdır. Banyonun sıcaklığı boyarmadde molekülünün yapısına bağlı olarak belli bir değerde tutulmaktadır. Bazı reaktif boyarmaddeler için bu reaksiyon oda sıcaklığında, bazılarında 40°C’de; bazılarında ise 70°C’de olabilmektedir [4,5].

2.1. Reaktif Boyarmaddelerin Avantaj ve Dezavantajları

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında şu avantajlar söz konusudur:

1. Işık haslıkları çok iyi, yas haslıkları yüksektir.
2. Parlak ve canlı renklerin elde edilmesine olanak tanırırlar. Reaktif boyarmaddelerle elde edilen parlak renklerle ancak ipek üzerine uygulanan asit boyarmaddelerin parlaklığı ile kıyas edilebilir.
3. Renk gamı (renk serisi) tamdır.
4. Kombinasyon boyamalarda iyi uyum gösterirler.
5. Tüm boyama yöntemlerine uygundurlar. Bu boyarmaddelerin basit ve hızlı aplikasyon teknikleri, ekonomik açıdan önemlidir.
6. Yüksek ölçüde tekrarlanabilirlik gösterirler.
7. Yüksek çözünürlüğe sahip boyarmaddelerdir.
8. Azo grubuna ait reaktif boyarmaddeler kolay aşındırılabilirdiğinden, aşındırma baskıda zemin rengi olarak rahatlıkla kullanılabilir.
9. Fiyatları küp boyarmaddelerden daha düşüktür.

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında görülen dezavantajlar ise şöyledir:

1. Bazik çözeltilere karşı haslıkları ve klor haslıkları iyi değildir. Ön terbiye işlemlerine (merserize, ağartma, kaynatma gibi) dayanıklı olmadıklarından dokuma üretimi için iplik formunda boyamada pek kullanılamazlar.
2. Reaktif boyarmaddelerle boyama sonrası yapılan ard işlemler uzun ve zaman alıcıdır.

Dikkat edilmezse yaş haslıklar düşük çıkar. Ard işlemlerin maliyeti yüksektir, su ve atık su problemi oluşturur.

3. Merserize olmamış mamullere afiniteleri düşüktür [4,5].

2.2. Reaktif boyarmaddelerle pamuğun boyanmasında temel kavramlar

Genel olarak reaktif boyarmaddelerle pamuğun boyanması direkt boyarmaddelerle yapılan boyamalara benzemektedir. Bu ikisi arasındaki temel fark ise elyafla reaktif boyarmadde arasında oluşan kovalent bağdır. Boyama özelliklerini belirleyen temel parametreler, boyarmaddenin; elyafa olan afinitesi, difüzyon kabiliyeti, reaktivliği ve elyaf-boyarmadde bağının dayanıklılığıdır.

Hidroliz ve Reaktivite: Hidrolizin neden olduğu iki büyük sakınca vardır. Bunlar; hidrolize uğrayan boyarmaddenin boyama özelliğini kaybedip boyama verimini düşürmesi ve hidrolize uğramış boyarmaddelerin lif yüzeyine mekanik olarak tutunup yaş haslıkların düşmesine neden olmasıdır. Hidrolizi azaltmak için üç yol mevcuttur. Birinci olarak daha az su kullanımı sağlayan emdirme metodu uygulamaktır. Ya da boyarmaddenin selüloz lifine afinitesi arttırılmalıdır. Fakat bu olay, hidrolizin de artmasına neden olmaktadır. Baz ilavesinin mümkün olduğunca geciktirilmesi en etkili yoldur. Baz ortama ilave edilmeden önce reaksiyon yavaştır ve hidroliz çok düşük seviyelerdedir. Baz ilave edilince hidroliz de artar. Bazik ortamda lif ile reaksiyon hızı, hidrolizden daha fazla olsa da %15-20 boyarmadde kaybı söz konusudur.

Haslık ve uygulama özelliklerine ek olarak boyarmaddenin elyaf üzerine fikse olma yüzdesi de önemlidir. Bu yüzde, elyafla kovalent bağ yapan boyarmadde miktarının elyafa uygulanan toplam boyarmadde miktarına oranı ile hesaplanır. Fikse yüzdesi başta reaktif gruba bağlı olmakla beraber başka faktörlere de bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak, sıcaklık ve pH' ın yüksek olması fiksenin artmasına neden olmaktadır. Boyamanın ekonomikliği üzerinde etkili bir faktördür. Fikse olayında hiçbir zaman %100 verim alınmaz. Selüloz ile boyarmadde arasındaki reaksiyon kantitatif değildir. Yani, selülozun her -OH grubuna bir boyarmadde molekülü bağlanmaz. Bu nedenle selüloz moleküllerinin boyarmadde moleküllerine olan doygunluk derecesi oldukça düşüktür. Boyamada selülozun sadece %1'i boyanabilmektedir. Boyalı pamuğun boyanmamış pamukla aynı kimyasal özellik göstermesinin temel sebebi budur [8].

Substantivite: Substantivite, kimyasal reaksiyon düşünülmeden boyama dengesi kurulduktan sonraki elyaf üzerindeki boyarmadde miktarının, boyarmadde çözeltisinde bulunan boyarmadde miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Substantivite, elyafla boyarmadde arasındaki reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli bir ön koşuldur.

Substantivite, büyük ölçüde boyarmadde yapısındaki renk verici gruplara (kromofor) bağlıdır. Ayrıca proses parametrelerinden de etkilenmektedir. Genel anlamda bakıldığında yüksek substantivite ile, düşük boyama sıcaklığı, düşük flotte oranı, boyama banyosuna elektrolit (sodyum klorür, sodyum sülfat) ilavesi ve düşük boyarmadde konsantrasyonu sağlanabilmektedir.

Difüzyon Oranı: Difüzyon oranı, boyarmaddenin elyafın iç kısımlarına transfer olma oranıdır. Yüksek difüzyon oranı, dengenin hızlı kurulmasına ve boyarmadde adsorpsiyonundaki düzensizliklerin hızlı giderilmesine olanak tanır. Difüzyon hızı ayrıca, hidrolize uğramış boyarmaddelerin uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Arttırılmış boyarmadde substantivitesi, sık sık düşük difüzyon oranlarıyla birleşir. Sıcaklığın 10-20°C arasında arttırılması difüzyon oranını iki katı arttırır [6-8].

Çekim ve Fikse Dereceleri: Yapılan boyama sonucunda, boyarmaddenin verimini tanımlamakta, çekim ve fikse dereceleri kullanılmaktadır. Çekim, birinci ve ikinci çekim olarak iki basamaklı olup, genel olarak çekim miktarı şu eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$\% E = 100 \times (C_i - C_s) / C_i \quad (2.1)$$

Burada; %E: Çekim yüzdesi, C_i : İlk çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/L), C_s : Son çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/L) olarak tanımlanmaktadır.

Fikse yüzdesi hesaplanırken, hidroliz olmuş boyarmadde miktarı da göz önüne alınmaktadır.

$$\% F = 100 \times (C_i - C_s - C_u) / C_i \quad (2.2)$$

Burada; % F: Fikse yüzdesi, C_i : İlk çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/L), C_s : Son çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/L), C_u : Yıkamayla uzaklaştırılan boyarmadde konsantrasyonu (g/L) olarak tanımlanmaktadır.

Bazik Ortamın Gerekliiği: Reaktif boyarmaddelerle pamuğun boyanmasının bazik ortamda gerçekleştirilmesinin iki sebebi vardır. Birincisi, selülozun bazik ortamda reaksiyona girme isteğinin fazla olmasıdır. Diğer sebep ise; bazın, klor atomu içeren heteroçiklik halkalı boyarmaddelerden reaksiyon sırasında ortaya çıkan HCl asidini nötrleştirmesidir. Böylece asidin liflere zarar vermesi engellenir. Baz, HCl'yi nötrleştirecek ortamdan uzaklaştırmasının yanında kimyasal denge açısından reaksiyon hızını arttırarak dengeyi boyarmadde/elyaf yönüne çevirir [8].

Boyarmadde seçimi: Çektirme yöntemine göre boyama işleminde substantivitesi yüksek ve orta seviyede olan boyarmaddeler kullanılmaktadır. Substantivite fazla olduğundan hidroliz de fazla olmakta ve fikse oranı düşmektedir. Fikse yüzdesini arttırmak için flotte oranını mümkün olduğunca kısa tutmak ve bol miktarda tuzu flotteye eklemek gerekir [8].

Optimum boyama koşulları, boyarmaddenin reaktivitesine bağlıdır. Soğukta boyayan boyarmaddeler, 30 - 50°C'de pH 10-11'de uygulanırken, sıcakta boyayan boyarmaddeler 70 - 90°C'de ve pH 11-12'de uygulanmaktadır. pH ayarı için baz olarak sodyum karbonat ve sodyum hidroksit kullanılmaktadır [13]. Türkiye'de çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda % 70 oranında sıcakta boyayan reaktif boyarmaddelerle boyama yapılmaktadır [8].

Sıcaklık ve pH'ın ayarlanması: Reaktif boyarmaddelerle boyamada sıcaklığın 10°C arttırılması, boyarmaddenin reaksiyon hızını 4 kat arttırmaktadır. Boyarmaddenin lifler tarafından alınması düşük sıcaklıklarda fazladır. Yüksek sıcaklıkta difüzyon ve düzgünleşme fazla olur. Sıcaklık artışı substantiviteyi düşürürken, reaktiviteyi arttırır. Boyarmaddenin fikse olması için gerekli sıcaklık, boyarmaddenin cinsine ve baza göre değişim gösterir, pH'ın 1 derece artması reaksiyon hızını 9-10 kat arttırır. pH ayarı için baz olarak sodyum karbonat ve sodyum hidroksit kullanılmaktadır. Ayrıca sodyum bikarbonat ve trisodyum fosfat da kullanılabilir. Bunlardan hangisinin tercih edileceği, boyarmadde cinsine boyama metoduna göre belirlenir [6,8].

Tuz ve yardımcı maddelerin ilavesi: Tuz ilavesi substantiviteyi arttırmaktadır. Fakat tuz ilavesinin hepsinin bir defada yapılması, eğer miktarı çoksa, düzgün olmayan boyamaya neden olur. Bunu önlemek için tuz porsiyonlar halinde verilmelidir. Tuz olarak sodyum sülfat veya sodyum klorür kullanılmaktadır. Sodyum klorürün suda çözünmesi daha

yüksek ve kolaydır, atık su açısından daha avantajlıdır.

Ard yıkama işlemleri: Boyamadan sonra yıkama yapılır. Yıkamanın amacı elyaf üzerine tutunan hidrolize uğramış boyarmaddelerin mamulden uzaklaştırılmasıdır. Önce soğuk sonra sıcak durulamanın ardından tekrar soğuk durulama yapılır. Yıkama işlemi yaş haslıklara büyük ölçüde etki ettiği için dikkat edilmesi gereken bir işlemdir. Yıkama şiddeti substantiviteye göre ayarlanır. Çektirme yönteminde yüksek substantiviteye sahip boyarmaddeler kullanıldığı için hidrolize uğramış boyarmaddelerin uzaklaştırılması zordur. Sıcaklık, zaman, banyo değişim sayısı yıkama işleminin sonucunu etkiler [6,8].

2.3. Haslıklar ve Boyama Verimi

Boyama ya da baskı işlemi ile tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde önemli olan 3 husus aşağıda sıralanmıştır:

- Elde edilen rengin üniform olması,
- İlk seferde doğru rengi elde etme,
- Doğru olarak elde edilen rengin tekrarlanabilmesi olarak sayılabilir [44].

2.3.1. Boyama veriminin belirlenmesi

Boyama verimi yani % fikse belirlenmesinde iki metot vardır. Bunlar:

1. Spektrofotometre ile K/S değerlerinin belirlenmesi
2. UV/Vis spektrofotometre ile boya banyosunun renk ölçümü

Boyarmadde konsantrasyonu ile refleksiyon değerleri arasında sistematik bir ilişki vardır. Boyama konsantrasyonu ile refleksiyon değerleri arasındaki ilişkileri ortaya koyan bir formül yardımıyla bilinmeyen bir konsantrasyonu daha kolay ve temel boyama yapmadan hesaplamak mümkündür. Uygulamada çok denenmiş olan böyle bir formül Kubelka-Munk teorisinden elde edilmiştir. Kubelka-Munk teorisine göre renkli bir örnek için iki büyüklük tarif edilmektedir. Bunlar, K ve S değerleridir. Bunlardan K; ışık absorpsiyonu, S; ışık yansımaları için bir ölçektir. K büyük oranda boyarmaddeden S ise sadece tekstil materyali tarafından belirlenir. Kalın ve saydam olmayan bir renkli tekstil materyalinin herhangi bir dalga boyundaki reflektans ve K/S değerleri arasında Kubelka-Munk teorisine göre şu bağıntı mevcuttur:

$$K/S = (1-R)^2/2R \quad (2.3)$$

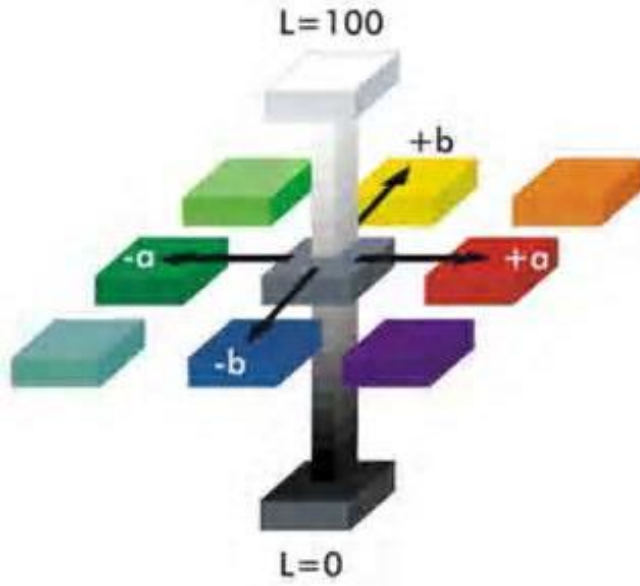
R: reflektans, K/S boyama verimi anlamına gelir [10, 32].

2.3.2. Renk Ölçümü

Renklerin sayısal olarak ölçülebilmesi için 1931’de toplanan CIE (Commission Internationale De Le’Eclairage) Uluslararası Aydınlatma Komisyonu’nda standart bir renk ölçümü yöntemi olarak kabul edilmiştir. Bilgi İşlem teknolojileri ve yazılım gelişmesine paralel olarak rengin ölçülmesi, sayısal olarak ifade edilmesi ve ölçüm parametrelerinin standartlaştırılması bu temel üzerine güncelleştirmeler yapılarak devam etmektedir. Tekstil üretimine bağlı olarak renk ölçümü iki şekilde yapılmaktadır [45];

- Yansıma yolu ile renk ölçümü (Reflektans): Işığı geçirmeyen iplik, kumaş ve yüzey formunda bulunan tekstil malzemeleri için uygulanır. Yüzeye gönderilen ve yansıyan ışık arasındaki fark analizinden yüzeyin rengi belirlenmektedir.
- Geçirgenlik esasına göre renk ölçümü (Transmittans): Çözelti halindeki renkli maddeler ışığı kısmen absorplayarak geçirmektedir. Bu durumda rengi ölçülecek olan çözeltinin rengi, üzerine gönderilen ve geçirilen ışığın karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Gelen ışığın şiddeti (I_0) ve renkli çözeltiden ayrılan ışığın şiddeti (I) olarak ölçüldüğünde, gelen ışık ve ayrılan ışık arasındaki fark renkli çözelti tarafından absorplanmaktadır. Görünür bölge içerisinde belli bir absorbans dalga boyuna göre renk hakkında yorum yapılabilir.

Spektrofotometrik olarak ölçülen renk ölçümünde renkli tekstil yüzeylerinde daha çok yansıma yolu ile renk ölçümü yapılmaktadır. Tekstil ürünlerinde renk ölçümü başlıca iki amaç için yapılmaktadır. Bu amaçlardan birincisi istenen rengin yapılabilmesi için “*reçete çıkarma*” ve ikincisi ise “*renk kalite kontrol*” için yapılmaktadır. Tekstil ürünlerinin boyanması elde edilen rengin sayısal hale getirilmesi ile hedeflenen rengin doğru ve sürdürülebilir olarak elde edilmesi sağlanmaktadır. Spektrofotometrik olarak ölçülen renk CIE ifadesi ile L, a, b renk koordinatları ile ifade edilmektedir.



Şekil 2.2. CIE, L, a ,b renk uzayı

Şekil 2.2’ de görüldüğü gibi L eksenini siyahlık/beyazlık, a eksenini kırmızı/yeşil ve b eksenini ise sarı/mavi özelliği göstermektedir. İki renk arasındaki farklılık ise bu üç koordinat arasındaki farklardan hesap edilmektedir [45]. Boyalı renkli tekstil materyalleri için renk performansı ise K/S renk verimi, çeşitli dış etkilere karşı renk haslıkları (ışık, yıkama, sürtme ve ter haslıkları) olarak verilmektedir. Bir sonraki bölümde haslıklardan bahsedilmiştir.

2.3.3. Boyama haslıkları

Boyarmaddelerin kullanım veya fabrikada malın işlenmesi sırasında karşılaştıkları etkilere karşı dayanımları haslık olarak ifade edilir [9]. Renk haslıklarına etki eden faktörler aşağıda sıralanmıştır:

1. Boyarmadde cinsi
2. Boyarmadde konsantrasyonu
3. Substratın kimyasal ve fiziksel yapısı
4. Boyarmadde/elyaf bağları üzerindeki potansiyel enerji transferi
5. Atmosferin yapısı; nem miktarı ve reaktif kirlilik durumu (SO₂, NO₂, O₃ vb.)
6. Ön terbiye işlemleri
7. Apre işlemleri [10]

Haslıkları iki aşamada incelemek gerekir. Haslıklar;

1. Üretim Haslıkları
2. Kullanım Haslıkları olarak incelenebilir.

Üretim Haslıkları: Yarı mamullerin üretim sırasında karşılaştıkları koşullara karşı renk dayanımlarını ölçen haslıklardır [11].

Kullanım Haslıkları: Tekstil mamullerinin kullanım yerleri çok değişik olduğu için bazı haslık değerleri diğerlerinden daha önemli olabilmektedir. Örneğin, bir perde de ışık haslığı, mayoluk kumaşta deniz suyu haslığı, bir astarda ter ve sürtme haslığı, gömleklik, pijama ve iç giyside yıkama haslığı vb., gibi haslıklar tercih edilmektedir. Kullanım esnasında istenen haslıklar; ışık, yıkama, sürtme, deniz suyu, ter, ütü, kuru temizleme, çeşitli su ve su damlası haslıkları vb. olabilmektedir [12]. Kullanım sırasında genel olarak istenilen ve bu doktora çalışmasında ölçülen haslıklardan bazıları; ışık haslığı, yıkama haslığı ve sürtme haslığı özelliklerini açıklayabiliriz.

Işık Haslığı: Testin amacı boya veya baskı yapılmış tekstil örneğinin renginin, güneş ışınlarına karşı direncinin ölçülmesidir. Tekstil örneği, standart koşullar altında ışık haslıkları 1-8 arasında olan mavi boyalı standart yün örnekleriyle birlikte güneş ışığının etkisine bırakılır. Test örneğinin 8 standarttan hangisi ile aynı solma derecesi gösterdiğine bakılır.

Yıkama Haslığı: Testin amacı boya veya baskı yapılmış tekstil örneğinin hafiften şiddetliye kadar değişen 5 ayrı yıkama koşuluna karşı renk haslığının tayinini kapsar. Belirlenmiş refakat bezi ile temasta olan numune, belirlenmiş sıcaklık ve sürede belli sabun (ya da sabun-soda) çözeltisi içinde mekanik olarak karıştırılır, durulanır ve kurutulur. Test sonucunda, numunedeki renk değişimi ve refakat bezine renk akması (lekelenme) gri skala ile değerlendirilir.

Sürtme Haslığı: Testin amacı boya veya baskı yapılmış tekstil örneğinin renginin, sürtmeye karşı direncinin ölçülmesidir. Deney numunesinin kuru ve yaş sürtme bezleri ile ayrı ayrı sürtmesi ile meydana gelen renk değişmesi incelenir. Sürtme bezine renk akması, gri skala ile değerlendirilir.

2.3.4. Haslık değerlendirmesi

Işık haslığı mavi skala ile, diğer bütün haslıklar gri skala üzerinden değerlendirilir. Mavi skala 200 g/ m²'lik yönlü kumaşların belirli boyarmaddelerle boyanması sonucu elde edilen 8 basamaklı skalalardır. 1. basamak en düşük ışık haslığını, 8. basamak ise en yüksek ışık haslığını göstermektedir. Işık haslığının ölçülmesinde haslığı bilinen boyarmaddeler ve haslığını ölçmek istediğimiz boyarmaddelerle boyanmış örnekler (mavi skala) belirli bir müddet gün ışığında bırakılırlar. Sonra bunların solmaları mukayese edilerek haslığı bilinenlerden hangisine eşit olduğu bulunur. Son senelerde güneş ışınları yerine suni ışınlar (Xenotest, Fade-Ometer gibi kuars lambaları) kullanılmakta bu ölçmeler yapılmaktadır.

Gri skala 5 ölçekli bir skala olup 1 en düşük haslık, 5 ise en yüksek haslık değerini göstermektedir. Değerlendirilmelerde, 2 ayrı gri skala kullanılır. Bunlardan biri test sonucu boyalı materyalin rengine meydana gelen değişikliği ölçmeye yarar. (Renk Değişimin Değerlendirilmesine ait Gri Skala) diğeri boyalı materyalin kendisine bitişik beyaz bir kumaşı (refakat bezini) kirletme derecesini ölçmeye yarayan gri skaladır (Akmanın Değerlendirilmesine ait Gri Skala).

Boyalı veya baskılı tekstil materyalinin kendisiyle aynı veya farklı cinsten boyanmış bir tekstil materyali (refakat bezi) ile sıkıca temasta olacak şekilde (sandviç hazırlayarak), üretim veya kullanım esnasında karşılaştığı koşullar altında çeşitli maddelerle muamele edilir. Boyalı örnekte meydana gelen renk değişikliği ile boyanmamış örneğe akma derecesi bu gri skalalarla saptanır [9-12].

3. ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK VE İNAKTİVASYON KİNETİĞİ

Bu bölümde mikroorganizmaların tekstil mamullerine etkileri, antibakteriyel özellik, bakteriler ve boyama yöntemleri, antibakteriyel maddelerin etkinliğini etkileyen faktörler, antibakteriyel aktivite test metotları ve antibakteriyel etkinliğin test edilmesinden bahsedilmiştir. Ayrıca canlı kalan bakterilerde yapılan hesaplamaları anlamak için inaktivasyon kinetiğinden bahsedilmiştir.

3.1. Mikroorganizmalar ve Tekstil Mamullerine Etkileri

İnsan vücudunun farklı bölgelerinde çok çeşitli mikro organizmalar vücut ile uyum içinde yaşamaktadırlar. Vücudumuza giydiğimiz tekstil malzemeleri ve derimiz de bu organizmaların yaşaması için son derece elverişli ortamlar yaratmaktadır. Tekstil yüzeyleri ve özellikle doğal elyaf çeşitleri, besin kaynağı olma özellikleri, geniş yüzey alanları, lifler arasındaki uygun yerleşim alanları ve nem tutma kapasiteleri gibi özellikleri sayesinde mikro organizmalar için son derece uygun yaşam ortamlarıdır.

Uygun yaşam ortamlarında mikroorganizmalar biyofilm oluşturarak hızla çoğalmaktadırlar. Hızla gelişen mikroorganizmalar, kötü kokulara, görüntü ve renk bozukluklarına, lekelenmelere ve kumaş mukavemet kaybına neden olabilmektedir. Mikrobiyoloji bilim dalı tarafından incelenen bu küçük canlılar tekstil ürünlerinde performans kaybı, renk değişikliği, koku oluşumu gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu durum tekstil ürününün hijyenik ve estetik bakımlardan kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Tekstil yüzeylerinde görülen bu tür mikrobiyolojik gelişimler ayrıca sağlık açısından da potansiyel tehdit oluşturmaktadır.

Tekstil ürününün özelliğini etkilemesi açısından kritik olan organizmalar özellikle bakteri ve mantarlardır. Genel olarak bakteriler kötü kokuya; mantarlar biyolojik olarak parçalanmaya ve lekelenmeye sebep olmaktadır. Genelde mantarların üremesi için uygun sınır değerler 28°C, pH 2,5-8, bakterilerin üremesi için 37°C, pH 5-6 olmaktadır. Aktif faaliyet halinde vücutta görülen bölgesel sıcaklık değişimleri bu bakterilerin çoğalmasını tetikleyici bir unsur oluşturmaktadır. Tekstil ürünlerinin üzerinde besin kaynağı (çeşitli gıda kirlilikleri, yağ, protein, seker ve deri kalıntıları) bulunması tekstil

materyalleri üzerinde mikrobiyal üremeyi hızlandıran bir başka etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Mikroorganizmalar tekstillerde, giysilerde ve ayakkabılarda aşağıdaki zararlara neden olmaktadır:

- Elyaf bozulması (küflenme) neticesinde sentetik kumaşlar ve çadırılık kumaşlar, ağlar, branda bezleri, ipler vb. kumaşlarda mukavemet kaybı,
- Koku oluşumu ve lekelenme izleri; çoraplarda, iç çamaşırlarda ve duş perdelerinde oluşur,
- Hijyenik problemler; hastanelerde kullanılan tekstillerdeki patojenik enfeksiyonlar.

Mikroorganizmaların, kumaş yüzeyleri üzerine tutunması sonucunda, tekstil materyalleri taşıyıcı olabilmektedir. Bu sonuçlardan dolayı, tıbbi amaçlı kullanılan malzemeler, cerrahi elbiseler, hastane perdeleri, hemşire elbiseleri, yer kaplama ve yatak malzemeleri, havlular ve işçi uniformaları gibi giysilerin antimikrobiyal/antibakteriyel özellikte olmaları son derece faydalıdır [56].

3.2. Antibakteriyel Özellik

Antibakteriyel maddeler bakterileri öldüren veya onların üremesini/gelişimini engelleyen kimyasal maddelerdir. Boyaların antibakteriyel olması, hazırlanma aşamasında içerisine ilave edilmiş kimyasalların boyanın üzerinde bakterinin oluşmasını önlemesi, şayet oluşmuş ise bu bakterileri pasifleştirmesi, üremesini engellemesi demektir. Boyalara antibakteriyel özellik kazandırmak için birçok kimyasal kullanılabilir. Bu kimyasallara örnek olarak gümüş, titanyum ve çinko verilebilir.

3.2.1. Bakterileri tanımlama ve boyama yöntemleri

Bakterileri birçok tanımlama yolu olup bunlardan birisi de onları boyayarak incelemektir. Bakteriler boyanarak; onların mikroskopik morfolojileri (şekilleri, büyüklükleri, diziliş şekilleri, belirli hücrelerin varlığı ve yapısı) ve çeşitli boyalara karşı davranışları hakkında bilgiler elde edilir. Çeşitli boyalara ve boyama yöntemlerine karşı davranışlarına göre bakteriler Gram pozitif, Gram negatif ve aside dirençli bakteriler (*Mycobacterium* cinsi) gibi gruplara ayrılabilir [13].

Bakterileri boyama yöntemleri

Boyama işlemleri genel olarak üçe ayrılır, bunlar basit boyama, negatif boyama ve diferansiyel boyamadır [13].

Basit boyama: Bu yöntem ile bakterilerin boyanmasında tek bir boya kullanılmaktadır. Basit boyamada metilen mavisi, kristal viyole, sulu fuksin vesafranin gibi boyalar kullanılabilir. Bakteriler, boyamada kullanılan boyaların rengini alırlar. Örneğin kristal viyole ile boyanan bakteriler mor renkli görünürler [13].

Negatif boyama: Mikro organizmaların morfolojilerini incelemek için uygulanan ve mikroorganizmaları değil, bunların yayıldığı ortamı boyamayı amaçlayan bir boyama yöntemidir. Boyama için çini mürekkebi veya nigrosin boya çözeltisi kullanılır. Bu yöntem daha çok bakterilerde kapsül varlığını ortaya koymak için uygulanmaktadır [13].

Diferansiyel boyama: İki farklı renkteki boyanın aynı preparat üzerinde, belli tekniklerle ve ard arda uygulanmasıyla gerçekleştirilen bir boyama şeklidir. Diferansiyel boyama tekniklerinde, hücreler birinci boyayla birlikte belli bir renge boyanırlar. Birinci boyamayı takiben preparata genellikle bir dekolorizasyon (renk giderme) işlemi uygulanmaktadır. Boyanmış hücreden boyayı uzaklaştıran etil alkol gibi maddelere dekolorize edici ajan denilmektedir. Bazı hücreler, diğerlerine göre daha kolay dekolorize olur. Gram boyama ve diğer diferansiyel boyamalarda, bakterilerin birbirinden ayırt edilmesinde, dekolorizasyon özelliğindeki bu farklılıktan yararlanılmaktadır. Dekolorizasyon işlemi takiben uygulanan boyalara genel olarak “karşıt boya” adı verilmektedir. Dekolorize olmuş hücreler karşıt boya ile ilk boyanın renginden farklı bir renge boyanırlar.

Diferansiyel boyamaya; Gram boyama yöntemi, Ziehl-Neelsen boyama yöntemi (*Mycobacterium tuberculosis* gibi aside dirençli bakterilerin boyanması), spor boyama yöntemleri, flajella boyama yöntemi, negatif diferansiyel boyama yöntemi (kapsül boyama), yağ boyama yöntemi vb. yöntemler örnek gösterilebilir. Gram boyama ile bakteriler Gram pozitif ve Gram negatif olarak ikiye ayrılabilir (bazı bakterileri böyle gruptama imkânı yoktur, örneğin *Mycobacterium*’lar). Bu ayırım bakterilerin tanımlanmasında önemli aşamadır. Gram boyama sonucunda mikroskopla incelemede,

mor renkli bakteriler Gram pozitif, pembe-kırmızı renkli bakteriler ise Gram negatif olarak değerlendirilir. Bakterilerin Gram pozitif ya da Gram negatif olarak ayrılması, onların hücre çeperlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Boyamada kullanılan kristal viyole boyayı hücrelerinde tutabilen bakteriler Gram pozitif, tutamayıp hücre dışına bırakan bakteriler ise Gram negatiftir [13].

Antibakteriyel madde etkinliğinin test edilmesi

Bu amaçla, antimikrobiyal maddelere genelde duyarlı olduğu bilinen mikroorganizma suşlarından yararlanılır. Spesifik ve duyarlı test mikroorganizmasının seçimi ve kullanımı bu testlerin ilk ve en önemli aşamasıdır. Bu testlerle bir antimikrobiyal maddenin belli bir test mikroorganizması üzerindeki etkisi “minimal inhibitör konsantrasyonu” (MİK) veya “minimal letal konsantrasyonu” (MLK) şeklinde belirlenebildiği gibi, söz konusu herhangi bir mikroorganizma suşunun belli bir antimikrobiyal maddeye karşı duyarlılığı da ortaya konulabilir. Diğer taraftan bu testlerden yararlanılarak herhangi bir ortamdaki (bir yüzey, bir gıda vb.) antimikrobiyal madde varlığı da nitel veya nicel olarak ortaya konulabilmektedir. Antibakteriyel madde etkinliğinin test edilmesinde birçok yöntemden yararlanılabilmektedir. Ancak “tüp dilüsyon yöntemi” ve “agar difüzyon yöntemi” bu amaçla kullanılan en yaygın yöntemlerdir. Tüp dilüsyon yöntemiyle daha çok antimikrobiyal maddelerin MİK (minimal inhibitör konsantrasyonu) ve/veya MLK (minimal letal konsantrasyonu) değerleri belirlenmeye çalışılmaktadır. MİK değeri; denenen test mikroorganizma süspansiyonunda (belli sayıda organizma içeren kültür sıvısı) test koşullarında üremeyi (mevcut canlı hücre sayısının artışı) inhibe eden en düşük (engellenen) madde konsantrasyonudur.

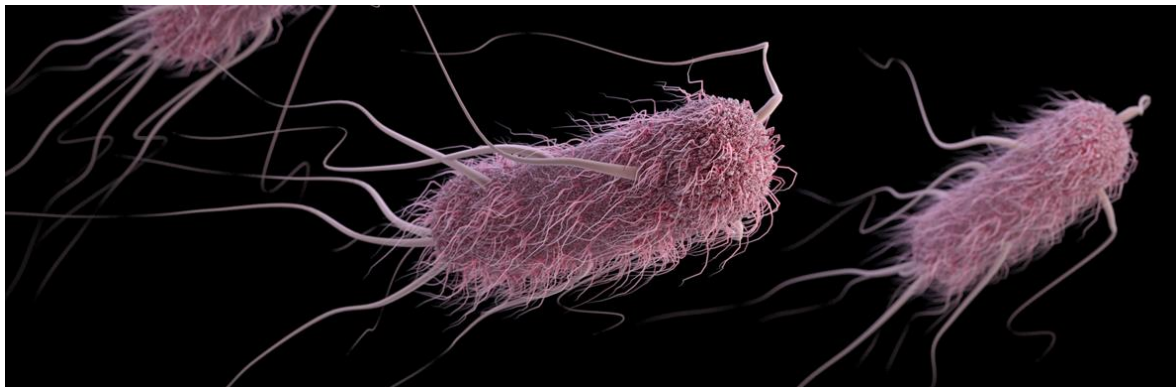
Agar difüzyon yöntemi test mikroorganizması ekim yapılmış petri kutusundaki uygun bir agarlı besiyerine uygun bir şekilde eklenen antimikrobiyal/antibakteriyel maddenin besiyerinde difüze olması ve difüze olduğu alanda test mikroorganizmasının gelişiminin engellenip engellenmediğinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

Denenen antibakteriyel madde test mikroorganizması üzerinde etkiliyse; antibakteriyel maddenin eklendiği yerin çevresinde, inkübasyon sonrasında mikroorganizma gelişiminin gözlenmediği “inhibisyon zonu” denilen bir alan oluşur. Petri kutusundaki agar yüzeyinde koloni oluşumu şeklinde üreme gözlenirken, inhibisyon zonu (alanı) içinde mikroorganizma gelişimine işaret eden hiçbir koloniye rastlanmaz. İnhibisyon zonu

mikroorganizma gelişiminin engellendiğini (inhibe edildiğini) ortaya koyar [13].

Boyaların antibakteriyel özelliğinin belirlenmesi için Sağlık Bakanlığı' nın 'Biyosidal Ürün Analiz Laboratuvarlarının Çalışma Usul ve Esasları' hakkındaki raporunda elyaf üzerinde test yapılan bakteriler olarak belirtilen 3 bakteri bulunmaktadır. Bunlar: Antibakteriyel olduğu beyan edilen ürünlerde; *Staphylococcus auerus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* bakterileridir [60]. Bu doktora çalışmasında elyaf üzerinde belirtilen bakterilerden *Escherichia coli* ve *Staphylococcus auerus* bakterileri ile çalışılmıştır. Bu bakteriler ile ilgili kısa bilgiler aşağıda verilmiştir:

Escherichia coli: *Escherichia* cinsi içinde en önemli türdür. *E. coli* basil şeklinde yani boyu eninden daha uzun 2-6 µm boy ve 1-1,5 µm ende düz bakterilerdir. Gram negatif, bazen hareketli, fakültatif anaerop, 1-2 mm çapında S tipi koloniler yapan bakterilerdir. Özellikle 44°C'da üremesi, diğer bakterilerden (*Enterobacter* ve *Serratia*) ayrılmasını sağlar. *E. coli* suşlarının çoğunluğu EC Broth besiyerinde 44,5°C'da laktozu fermente ederek 1/1 oranında CO₂ ve H₂ gazı üretir. Ancak bazı suşları laktozu geç fermente eder veya etmeyebilir. Mikroorganizma doğal olarak insan ve hayvanların bağırsak florasında bulunur. Bu nedenle de gıdalarda ve sularda *E. coli* bulunması fekal (dışkısal) bulaşmanın bir göstergesi olarak kullanılır. *E. coli*' nin bazı suşları (patojen *E. coli* suşları), özellikle küçük yaş gruplarında hafif veya şiddetli ishale seyreden bağırsak enfeksiyonuna (gastroenteridis) neden olur [13,14]. Şekil 3.1' de *E. coli* bakterisinin morfolojik görünümü verilmiştir.



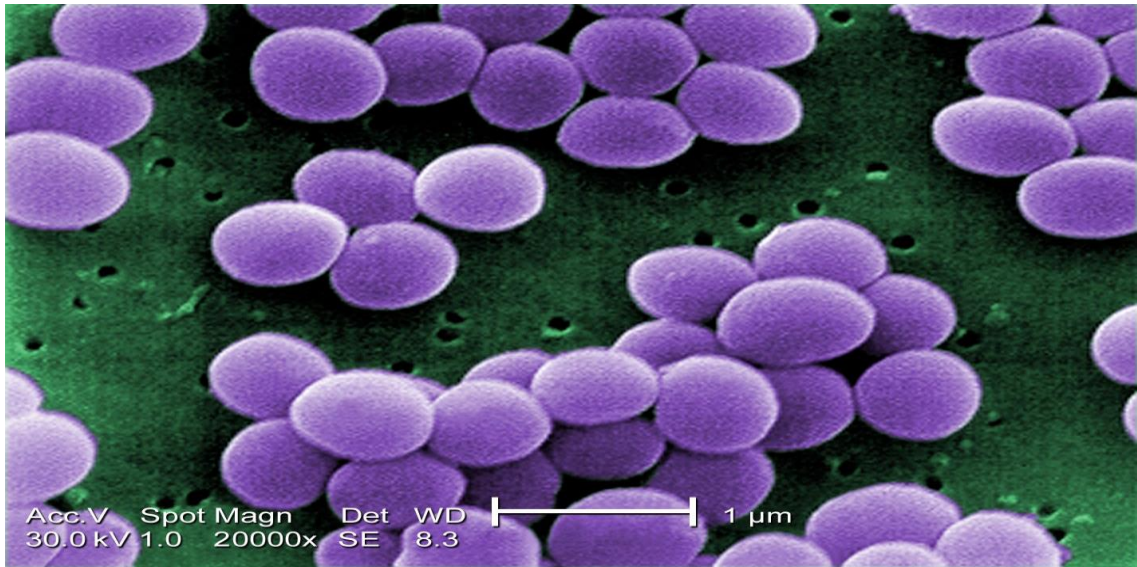
Şekil 3.1. *E. coli* bakterisinin morfolojik görünümü [61]

Staphylococcus aureus: *Staphylococcus*'un en önemli türlerinden birisidir. Gram pozitif, aerobik fermente ve fakültatif anaerobik, hareketsiz, genellikle katalaz pozitif bir

bakteridir. İnsan ve hayvan derileri ve burun florasında doğal olarak bulunur.

Birçok *S. aureus* suşu sarı pigment oluşturur ve koagülaz pozitifdir (plazmayı koagüle eden koagülaz enzimi üretir). Potansiyel patojen olmakla birlikte insan ve hayvanlarda apseleri enfeksiyonlara ve hayvanlarda mastitise neden olur. Koagülaz ve termostabil nükleaz *S. aureus* suşları genellikle gıdalarda gelişerek ısıya dayanıklı enteretoksin üretir ve gıda zehirlenmelerine neden olur [14].

Alkol bazlı boyalarla karşılaştırıldığında, su bazlı boyaların en önemli dezavantajı, bakteri oluşumuna meyilli olmalarıdır. Bakteri su bazlı ortamda gelişir ve boya yapısındaki doğal hammaddelerle beslenerek boyanın fiziksel özelliklerini bozar. Böylece, daha hızlı çökme ve akış özelliklerinde değişme meydana gelir. Bundan dolayı su bazlı boyalarda antibakteriyel özellik önem teşkil etmektedir. Bununla ilgili olarak çeşitli araştırmalar yapılmış ve hala yapılmaya devam edilmektedir [13, 14]. Şekil 3.2’ de *S. aureus* bakterisinin morfolojik görünümü verilmiştir.



Şekil 3.2. *S. aureus* bakterisinin morfolojik görünümü [62]

3.3. Antibakteriyel Aktivite Belirleme Testleri

Tekstil ürünlerinin antibakteriyel/antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi için çok çeşitli standart testler kullanılmaktadır. Mikrobiyolojik temelli testler olan bu testlerde antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi için difüzyon agar yöntemi (yarı kantitatif), kantitatif yöntem ve bozulma yöntemi kullanılmaktadır.

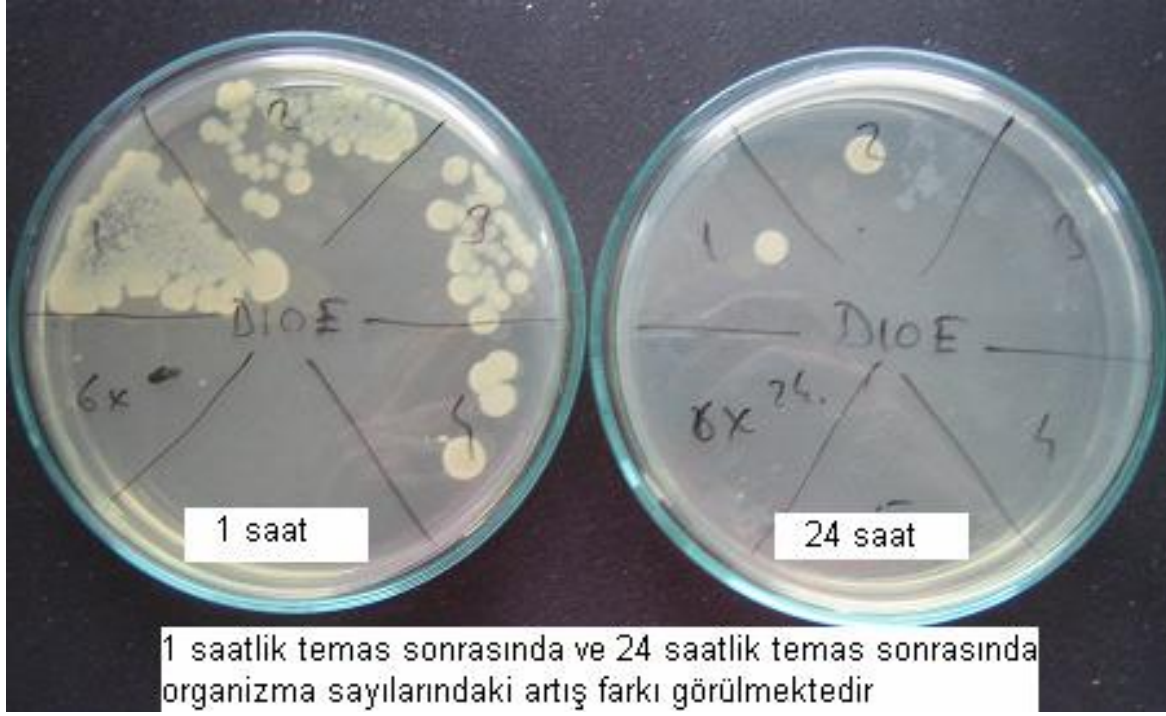
Yaygın olarak kullanılan yöntemler AATCC 147 difüzyon agar yöntemi ve AATCC 100 kantitatif analiz yöntemidir. Uluslararası alanda tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi için kabul görmüş olan standart ISO 20743 standardıdır. Bu standart mevcut kullanılmakta olan yöntem ve standartların yetersiz kaldığı durumlarda teknolojik, ekolojik ve dermatolojik beklentilerin değerlendirildiği bir standarttır [56].

AATCC 147, agar difüzyon test yönteminde, besi yeri içine önceden hazırlanmış olan farklı konsantrasyonlarda bakteri çözeltileri dökülür ve daha sonra 25 mm çapında numune kumaşlar yerleştirilir. Numune kumaşlar 37°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra kumaş etrafında oluşan çap ölçülerek (inhibisyon zone çapı) numune kumasın etkinliği mm cinsinden belirlenir. Bir nicelik metodu olan Agar Difüzyon Metodunda antimikrobiyal işlem görmüş kumaşların antibakteriyel aktivitesi gözlemlenmekte ve etkinlik hakkında yorum yapılabilmektedir.

AATCC 100 test metodunda tekstil numunelerinde bulunan antibakteriyel maddenin aktivite derecesini kantitatif olarak tayin etmek için uygulanmaktadır. Kantitatif değerlendirme tekstil ürünlerinde kullanılan antibakteriyel maddenin, bakteriler üzerinde etkili olup olmadığı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Aynı ölçülerde hazırlanan kumaş numuneleri 121°C sıcaklık ve 1,5 atm basınçta 15 dakika süre bekletilerek steril hale getirilir. Test numunesi ile beraber, işlem görmemiş numune ve antimikrobiyal aktivitesinden emin olunan bir kontrol numunesi beraber çalışılmalıdır. Ekimi yapılan numuneler 37 °C'de 48 saat bekletilir. Numune içeriğinde 105 ml yoğunlukta mikroorganizma bulunan 1 ml çözelti ile ıslatılır. Islatılan numune daha sonra nötralizasyon çözeltisi içine atılır, iyice karıştırılır. Nötralizasyon çözeltisi belli dilüsyonlara seyreltilerek katı besi yeri üzerine ekim yapılır. Bu işlemin amacı bakteri sayısını sayılabilecek düzeye indirmektir. Ekim yapılan tüm petriler 37°C 'de 48 saat etüvde inkübe edilir. 48 saat sonra sayım yapılır ve değerlendirilir.

ASTM E2149-01 standardına göre yapılan shake flask metodu (dinamik çalkalama şişesi) nitel sonuç veren bir test yöntemidir. Bu test yöntemi, migrasyona uğramayan antimikrobiyal ürünlerle işlem görmüş kumaşın, dinamik koşullar altında mikropların büyümesine karşı gösterdikleri dirençleri ölçmek için dizayn edilmiştir. Bu testte içinde numune kumaş bulunan çözeltilerde başlangıç anındaki bakteri sayısı ile bir saatlik çalkalama sonucundaki bakteri sayıları oranlanmaktadır. Elde edilen oranın azalma yönünde olması

numune kumaş ile yapılan çalkalama işleminin çözelti içindeki ortalama bakteri sayısında azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Şekil 3.3’ de shake flask yöntemi ile yapılmış olan ölçümlerden bir örnek resim yer almaktadır. Çalkalama sonucu elde edilen dilüsyonun farklı konsantrasyonlar için ortamda çoğalan organizma kolonilerinin sayısını belirlemek için yapılmış olan ekimler görülmektedir.



Şekil 3.3. ASTM E2149-01 standardına göre yapılan farklı konsantrasyonlar için organizma çoğalmasının değişimi

Ekim yapıldıktan sonraki 1 saat ve 24 saat sonunda ortamdaki canlı organizma sayılarındaki değişimin azalma yönünde olduğu, yani antimikrobiyal tekstil ürünü inaktivasyon etkisiyle ortamdaki organizma sayısında azalma olduğu anlaşılmaktadır [52,56]. Bu test metodu doktora çalışmasında da kullandığımız metottur ve EK-1’ de ASTM E2149-01 standartı açıklanmıştır.

ISO 20743 Uluslararası Standart Organizasyonu ISO tarafından 2007 yılı Haziran ayında yürürlüğe konmuş olan bu standartta antibakteriyel bitim işlemi görmüş olan tekstil yapılarında (kumaş, dolgu malzemesi, iplik ve dokusuz yüzeyler dahil) kantitatif olarak antibakteriyel etkinlik belirlenmektedir. Antibakteriyel bitim işleminin organik, inorganik, doğal veya yapay olmasına ve bitim işleminin uygulama yöntemine bakılmaksızın tüm antibakteriyel bitim işlemleri bu standart kullanılarak test edilebilmektedir.

Agar difüzyon test yöntemi olarak tanımlanmış olan (AATCC 147, JIS L 1902–2002, SN 195920–1992 ve diğer benzer standartlar) yarı kantitatif sonuçlar vermekte olup basit ve çok sayıda numune için uygun olmaları nedeni ile tercih edilebilmektedirler. Yöntemin uygulanması sonucunda ortamda anti bakteriyel etkinlik olup olmadığı sadece var / yok şeklinde kantitatif olarak belirlenmektedir. Agar Plate içinde test edilen numune kumaşın altında organizma kalmaması kumaşın antibakteriyel olarak etkin olduğunu göstermektedir. Kumaş etrafında organizmanın üremediği bir bölge oluşması durumunda bu bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak sayısal veri elde edilebilmekte ancak bu veri karşılaştırma yapılması için uygun bulunmamaktadır.

Kantitatif yöntemler olarak bilinen AATCC 100-2004, JIS L 1902-2002 ve SN195924-1992 standartları ile sayısal büyüklükler elde edilmektedir. Ancak bu standartlar Agar Difüzyon yöntemi ile yapılan ölçümlere göre çok daha zor ve uzun süren testlerdir. Mikro organizma içeren sıvıların numune kumaşlar üzerine emdirilmesinden sonra ortamdaki mikro organizma sayılarındaki değişim oransal olarak antibakteriyel etkinlik verisine dönüştürülmektedir. Bu yöntemde üzerinde herhangi bir antimikrobiyal işlem görmeyen kontrol numunelerinin de test edilmesi gerekmektedir. Bu standartlar ile %99'dan daha yüksek antimikrobiyal etkinlik olduğu görülebilmektedir. Ancak burada test sırasında ortamda bulunan doymuş nemlilik ve bol besin test ortamının gerçekteki şartlardan farklı olmasına neden olmaktadır.

Normal giyim şartlarında tekstil yapıları üzerindeki nemlilik ve ortamdaki besin miktarı farklı olabilmektedir. Günümüzde antimikrobiyal etkinlik ölçüm yöntemlerinin çok azında gerçek yaşam şartları içinde test yapılmaktadır. JIS L 1902 -2002 standardında gerçek yasamdaki ortam şartlarına benzer durumda test yapılmakta, test ortamında organizmaların beslenebileceği besin miktarı sınırlı tutulmaktadır. Benzer şekilde ISO 20743 standardında da mikro organizmalar tekstil yüzeyine baskı yöntemi ile aktarılmakta kantitatif yöntemdeki gibi yapay bir sıvı ortamda işlem yapılmamaktadır. Böylece test ortamı gerçek yasamdaki duruma benzetilmiş olmaktadır [52, 56].

3.4. İnaktivasyon Kinetiği ve Modelleri

İnaktivasyonda ilk model çalışmaları olarak 1900'lü yılların başlarında konserve sanayisinde termal ölüm eğrileri ile gösterilmiştir. Bu çalışmalarda anlamlı miktarda spor cam tüp veya teneke kutular içindeki ortama ilave edilir, değişik sıcaklıklarda ve değişik sürelerde yağ banyosunda veya otoklavda farklı sıcaklıklarda tutularak belli aralıklarla örneklenir. Her birinde sterilite testi yapılarak sonuç steril (-) veya üreme var (+) olarak değerlendirilir.

Bu işaretler her süre ve sıcaklık kombinasyonu için yarı logaritmik bir kâğıda (x- eksenine sıcaklık, y, logaritmik eksene süreler) işlenir. Eksileri yukarıda ve artıları aşağıda bırakacak şekilde çizilen bir doğru (veya sınırda olası 2 doğrunun ortalaması) o mikroorganizmanın o vasatta termal ölüm eğrisidir (TDT). Belli sayıda sporun inaktif olması için gereken sürelerin tahmin edilmesinde kullanılan bu model birincil modeli olmayan ikincil bir model olarak kabul edilebilir. Başka bir deyişle bu modelle belli sayıda mikroorganizmanın inaktif olacağı sürenin (F değeri) sıcaklığa bağlı değişimi elde edilebilir ve belli sıcaklıkta bu süre mod elden tahmin edilebilir. Eğer örneklerde canlı kalanların sayımı yapılırsa süspansiyonda canlı spor veya hücrelerin belli sıcaklıkta bir logaritmik devre (%90 oranında) azalması için geçen süreler (D değerleri) hesaplanarak aynı yarı logaritmik kâğıda, sıcaklığa karşı işlenebilir. Bu durumda D değerlerini birleştiren veya temsil eden doğru, Termal ölüm eğrisinin altından ve ona paralel olarak geçer ve "Gölge Termal Ölüm Eğrisi" olarak adlandırılır. Her iki eğrinin de bir log devreyi aşması için gereken sıcaklık farkı aynı olup z değeri olarak adlandırılır, zamandan bağımsız bir parametredir [48].

Bigelow modeli mikroorganizmaların bir ısı etken karşısında inaktivasyonun birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu, başka bir deyişle canlı kalanların logaritmasının zamanla düzgün doğrusal olarak azaldığını kabul eder.

$$\ln(N) = \ln(N_0) - kt \quad (3.1)$$

Bu durumda iki model parametreleri çok kolaylıkla birbirine çevrilebilir ($D = 2,303/k$ veya $\log(N/N_0) = -t/D$. Bigelow modelinde inaktivasyon hızı katsayısının sıcaklıkla değişimi genellikle Arrhenius denkliği ile açıklanmaktadır. Bu durumda Arrhenius

denkliği ısıtılma işlemde inaktivasyon hızının (canlı sayısının zamana bağlı değişimi, birinci tip model) sıcaklığa bağlı değişimi, yani ikinci tip modeli oluşturmaktadır. Termal ölüm eğrisinden hesaplanan z değeri de böyle bir modeldir ve z ile aktivasyon enerjisi arasındaki ilişki de birbirine çevrilebilir şekildedir ($z = 2,303 RT^2 / E_a$).

İnaktivasyon eğrileri incelendiğinde çoğunlukla orta kısmı doğrusal veya doğrusala oldukça yakın olmakla birlikte üst kısımda bir omuz ve/veya alt kısmında bir kuyruk görülebilmektedir. Üst kısımdaki omuz çoğunlukla, etkene karşı bir direnç ve belli miktarda hasar birikiminden sonra ölümün başladığı şekilde yorumlanır. Bu durumda ölüm zaman içinde hızlanmaktadır. Alt kısımdaki kuyruk ise popülasyonda dayanıklı bireylerin bulunduğu ve bunların inaktivasyonun daha uzun süreli etki gerektiği anlamına gelmektedir. Birinci durumda inaktivasyon eğrisi aşağıya, ikinci durumda yukarıya doğru konkavlık göstererek doğrusallıktan sapar [48].

Aksoy çalışmasında termal inaktivasyon kinetiği ile ilgili çalışmıştır. Sıcaklığın enzim stabilitesine etkisini belirlemek için enzim değişik sıcaklıklarda (60, 65 ve 70°C) değişik sürelerde (2, 5, 8 ve 10 dk) su banyosunda tutulmuştur. Vidalı kapaklı deney tüpleri, ilgili sıcaklıktaki su banyosunda 5 dakika tutularak tüplerin bu sıcaklığa gelmesi sağlanmıştır. Süre sonunda üzerine 0,5 ml enzim ilave edilip, tekrar su banyosuna konulup belirtilen sürelerde tutulduktan sonra buz banyosunda hızla soğutulmuştur. Soğutulan enzim oda sıcaklığına geldiğinde standart reaksiyon karışımı kullanılarak belirlenen optimum sıcaklık ve pH değerlerinde enzim aktivitesi ölçülmüştür. Kontrol olarak sıcaklık uygulanmayan enzim kullanılmıştır. Sıcaklık uygulanan enzimlerdeki kalıntı aktivite (E_t), sıcaklık uygulanmamış enzimin aktivitesi (E_0) ile kıyaslanarak birinci dereceli inaktivasyon sabiti (k_d), yarı ömür ($t_{1/2}$), aktivasyon enerjisi E_a , sabit bir sıcaklıktaki enzim aktivitesinin % 90'ını inaktive etmek için gereken süre (D değeri) ve D değerinde bir ondalık azalma için (% 90 azalma için) gereken sıcaklık artışı (Z değeri) hesaplanmıştır. Belli bir süre içerisinde başlangıçtaki enzimin aktivitesindeki kayıplar ya da konsantrasyonundaki azalmalar birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uyar ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.



Burada N doğal enzimi, D denatüre olmuş enzimi ve k_d ise (1/zaman) enzim için birinci

dereceli inaktivasyon katsayısını göstermektedir. Enzimlerin termal inaktivasyonu genellikle birinci dereceden reaksiyonla ifade edilir:

$$E_t = E_o \cdot \exp(-k_d \cdot t) \quad (3.3)$$

E_t , t anındaki enzim aktivitesi ve E_o başlangıçtaki aktiviteyi, t ise ısı işlem uygulama süresini ifade eder. Sabit sıcaklıkta $\ln(E_t/E_o)$ 'ın süreye karşı grafiği çizildiğinde, doğrunun eğimi $-k_d$ 'dir.

Yarı ömür ($t_{1/2}$) değeri, enzim stabilitesinin belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan bir parametredir. Belli bir sıcaklıkta enzim aktivitesinin yarı yarıya azalması için gereken süredir. Enzimlerin ısı yolla inaktivasyonu çoğunlukla birinci dereceden kinetiğe uyduğundan aşağıdaki formülden kolaylıkla hesaplanabilir:

$$(t_{1/2}) = 0,693 / k_d \quad (3.4)$$

Sabit bir sıcaklıktaki orijinal enzim aktivitesinin % 90'ını inaktive etmek için gereken süre olarak tanımlanmaktadır. D değeri aşağıdaki formülden hesaplanabileceği gibi,

$$D = \ln(10) / k_d \quad (3.5)$$

$\log_{10} (E_t / E_o)$ 'ın zamana karşı grafiğinin eğiminden de hesaplanabileceği belirtilmiştir [49].

Canlı kalan bakteri inaktivasyon kinetiğinde kullanılan formüller şöyle özetlenebilir:

$$dC/dD = -kC \quad (3.6)$$

Burada; C : Canlı kalan mikrop konsantrasyonu (CFU/mL)

D : Doz

k : Hız sabitidir.

Buradan;

$$\ln (C/C_0) = -k (D-D_0) \text{ formülü elde edilir.} \quad (3.7)$$

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Reaktif boyalarla boyama işleminde çeşitli parametrelerin pH, sıcaklık, kullanılan tuz, kullanılan soda gibi boyamanın kalitesini etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle optimum sıcaklık, en iyi sonuç veren tuz ve sodanın bulunması için araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan birkaçı aşağıda verilmiştir. Sonrasında ise antibakteriyel özellik ve inaktivasyon kinetiği ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Bae S.H. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; 3 farklı anyon boyanın (CI reaktif kırmızı 120, monoklorotriazin boya (Kırmızı-E) ve CI direkt mavi-1), 80°C sıcaklığında nötr bir boya banyosunda sodyum sülfatın geniş bir konsantrasyon aralığında selüloz üzerine uygulanması sonucundaki yüzeye tutunma özellikleri incelenmiştir. Dayanımının düşük olması nedeniyle, düşük elektrolitik konsantrasyonlarda kesin yüzeye tutunma değerleri elde edilememiştir. Bu boyalar için selüloz ve çözelti fazları arasındaki potansiyel kimyasal farklar ve standart yakınlık, Donnan denge modeline göre bulunmuştur. İki reaktif boyanın (CI reaktif kırmızı 120 ve benzer MCT grubu bir kırmızı boya – Kırmızı-E) selüloz üzerindeki yüzeye tutunma özellikleri geniş bir sodyum sülfat çözeltisi altında incelenmiş ve CI Direkt mavi-1 ile karşılaştırılmıştır. Orta değerdeki sodyum sülfat konsantrasyonlarında bu değer sabittir. Yüksek tuz konsantrasyonlarında boyalar yüzeye tutunmada doygunluk göstermeye başladığını düşük tuz konsantrasyonlarında ise, her üç boya da birbirlerine yakın nüfuziyet değerleri verdiği görülmüştür [15].

Young-A. Son ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; heterobifonksiyonel reaktif boyalarla naylon lifleri üzerinde çalışılmış, boyama özellikleri, boya parçaları analizi ve yıkama haslığı incelenmiştir. Geniş sıcaklık aralığında uygulamayı sağlayan sulfatoetilsulfon ve monoklorotriazin reaktif grupları gibi mixed double anchorlara sahip olmalarından dolayı heterobifonksiyonel reaktif boyalar boya-lif arasında güçlü bir reaksiyonun gerçekleşmesini sağlayacak uygun ortamı tedarik etmektedirler. Bu çalışmada farklı pH ve sıcaklık değerleri kullanılarak dört farklı heterobifonksiyonel reaktif boya, naylon lifi üzerine uygulanmıştır. Optimum çekme (%E) ve fikse (%F) değerleri bulunmuştur. Boya parçalarının yapısının tetkik edilmesinin gerçekleştirilmesi amacıyla boya çözeltilerinin farklı pH koşullarındaki analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca renk eşleşmesi sistemi kullanılarak boyanmış örneklerin karşılaştırılması amacıyla, reaktif boyalarla benzer renk

dayanımına sahip asit boyaları hazırlanmıştır. Reaktif boyaların, asit boyalarla karşılaştırıldığı durumda, tekrarlanan yıkamalarla renk dayanımındaki düşüşün çok yavaş olduğu ve boyama renginin çok az değiştiği gözlenmiştir. Reaktif boyalar yüksek yıkama haslığı özelliğinin başarılması amacıyla incelenmiştir. Reaktif boyalar etkili boya-lif reaksiyonu için uygun ortamı sağlamaktadırlar. Naylon liflerindeki boya çekmesinin (%E) azalan pH uygulamalarıyla arttığı ve fiksenin (%F) artan pH uygulamalarıyla arttığı anlaşılmıştır. Sıcaklık etkisinin incelenmesi göstermiştir ki, yüksek çekme ve fikse 100-110°C aralığında gerçekleşmektedir. Her dört boya içinde tekrarlanan yıkamalar sonucunda boya kaybı çok düşüktür ve renk koyuluğu çok az değişmektedir. Asit boyalarıyla reaktif boyalar arasındaki bol su ile yıkamadaki farklılık boyaların, boya-lif etkileşimleri arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Reaktif boyalar yıkama sonucunda renk koyuluğu değişimi yönünden çok iyi haslık özelliği göstermişlerdir ve yalnızca çok ufak renk vermeler gerçekleşmiştir [16].

Reda M. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; boyamada sodyum edta kullanımı ile ilgili araştırma yapılmış ve çalışmalarda şunlar incelenmiştir; CI Reaktif Sarı 145, CI Reaktif Kırmızı 194 ve CI Reaktif Kırmızı 195 olarak adlandırılan heterobifonksiyonel reaktif boyalı pamuk/yün karışımının birleşik boyaması, bir banyo ve iki-banyo Boyama işlemi kullanılarak elde edilmiştir. Boyanabilirliğe etki eden faktörler olarak; sodyum EDTA miktarı, sodyum sülfat miktarı, sıcaklık ve boya konsantrasyonu gibi faktörler araştırılmıştır. Boyama yapısı boya yoğunluğuna ve bağlılığına, seviyesine, hız özelliklerine göre değerlendirilmektedir. Her numune için en mükemmel hız boyama metodunu hesaba katmadan elde edilmiştir. Araştırma sonucu birleştirme boyaması için daha iyi bir seviyeli ve boyama kavramalı iki banyo ve bir banyo prosesi ile sodyum EDTA kullanılarak yeni bir uygulanabilir metod sunmaktadır. Hetero bi-fonksiyonel reaktif boyalı pamuk/yün karışım kumaşların boyama kabiliyeti boya banyosunda sodyum EDTA ve üç farklı boyama metodu kullanılarak araştırılmıştır. Sonuçlar sodyum EDTA iki banyo ve bir banyo tekniğinin iki banyo geleneksel boyama metoduyla ilgili en iyisi olduğunu göstermiştir. Proses optimizasyonunda bu başarı pamuk/yün karışımının birleşme boyaması için endüstriyel anlamda onun uygulamasının yaşayabilirliğini göstermiştir. Gelecek çalışmalar boyamada sodyum EDTA kullanımı için, daha ileri araştırmalarda aşama göstereceği belirtilmiştir [17].

Gorenssek, M. yaptığı çalışmada; iki farklı pH ortamının ve üç farklı sıcaklığın, boyayla selülozik lif arasındaki bağa olan etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan boyarmaddeler pH 10 ve 12 değerlerinde 60, 85 ve 98°C de pamuklu kumaşa uygulanmışlardır ve hepsi tekstil boyamada geniş kullanım alanına sahiptirler. Çalışmada spektrofotometrik ölçüm yöntemi kullanılarak, hidroliz incelenmiş ve hidroliz olan boya yüzdesi hesaplanmıştır. Kırmızı ve mavi monoklortriazin boyalarındaki kovalent bağın, pH 10 değerinde ve 60 °C de en kararlı hallerinde oldukları bulunmuştur [18].

Burkinshaw S. M., Gandhi K., boyarmadde üreticileri tarafından tavsiye edilen boyama metotlarıyla, ticari üç reaktif diklortriazin boyarmaddenin altı farklı konsantrasyonunu kullanarak liyocell kumaş boyadılar. Fikse olmamış boyayı uzaklaştırmak için, bir yüzey aktif madde ve üç farklı sodyum karbonat konsantrasyonunda, bazlı yıkama metotlarını uyguladılar Boyanan numunedeki renk kalıcılığını ISO C06/C2 yıkama testine göre belirlediler. Fikse olmamış boyayı uzaklaştırmak için yüzey aktif madde kullanımı gerekmediği, 2 g/L Na₂CO₃ kullanımının fikse olmamış boyanın uzaklaştırılması ve fiksenin tamamlanması için yeterli olduğu sonucuna vardılar. Elde ettikleri bulgularla, pamuklu kumaş üzerinde, daha önceden kullanılan ticari monoklor, diklor ve bismonoklortriazin reaktif boyarmaddelerle aynı sonucu gösterdiği sonucunu buldular [19].

Ahmed, reaktif boyarmadde ile pamuklu kumaşı boyamada, organik tuz olan sodyum edta ile inorganik tuz olan sodyum sülfatı kullanmış, sonuçları karşılaştırmıştır. Araştırmacı boyama işlemleri sırasında, boya banyosunda alkali kullanmamıştır. Çalışmaları sırasında, boyanabilirliği etkileyen tuz konsantrasyonu, alkali konsantrasyonu, boyama zamanı ve sıcaklık gibi faktörleri incelemiş, boyanmış kumaşın renk haslığı ve ışık haslığı sonuçlarını da karşılaştırmıştır. Genel sonuç olarak, Sodyum edtanın reaktif boyarmaddeyi pamuğa daha iyi fikse ettiğini savunmuştur [20].

Broadbent ve çalışma arkadaşları, pamuk lifleri içeren kumaşlara sürekli yöntemle boyama işlemi uygulamışlardır. Bu boyama işlemi sırasında, kumaşı alkali çözeltisi ve reaktif boyarmadde ile doyurmuşlar, daha sonra infrared cihazı kullanarak kurutmuşlardır. Boyarmaddenin kumaşa en iyi şekilde fikse olması için, boya banyosunun kuvvetli bir alkali çözeltisi olmasını ve kurutmanın kumaş liflerine zarar vermeyecek şekilde mümkün olduğunca yüksek sıcaklıkta yapılması gerektiğini savunmuşlardır. Renk yoğunluğunu ve kalitesini, lif uzunlukları boyunca kontrol etmişler, çok az renk farklılıklarının meydana

geldiğini görmüşlerdir. Araştırmacılar, infrared sürecini kullanarak reaktif boyamadaki yıkama likörünün kirlenme olasılığını azalttıklarını ve boyarmaddenin de kumaşa fikse verimini arttırdıklarını savunmuşlardır [21].

Motomura ve Bae, selülozu değişik reaktif boyarmaddelerle boyamışlar ve bu reaktif boyaların selüloz üzerindeki adsorpsiyon davranışlarını gözlemlemişlerdir. Deneysel çalışmada 3 farklı anyonik reaktif boya kullanılmıştır. Deneyler sırasında boya banyosunun sıcaklığı 80°C de, pH değeri 6,8’de sabit tutulmuş, yalnızca boya banyosuna eklenen elektrolit (Na_2SO_4) miktarı sürekli değiştirilmiş ve bu değişimin adsorpsiyon üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar sonunda; boya banyosunda düşük miktarda elektrolit kullanıldığında, selüloza olan ilgi azalacağından, tam olarak adsorplama olayının gözlenmediği savunulmuştur. Bununla birlikte; Reaktif Kırmızı 120 ve Mavi 1’in adsorpsiyon izotermeleri kullanılarak, bu boyaların selüloz üzerindeki doyma noktaları saptanmış, yüksek tuz konsantrasyonlarıyla çalışıldığında Kırmızı E’nin de diğer ikisinin doyma noktasına benzer değerler verdiği savunulmuştur [22].

Dongzhi ve çalışma arkadaşları 3’-karboksipridin triazin reaktif boyanın hidroliz kinetiği 60-130°C de nötral ortamda çalışmışlardır. Bir seri hidroliz hız sabiti (constant) elde etmişler ve reaksiyon sırasında pH ve sıcaklığın etkilerini değerlendirmişlerdir. Düşük sıcaklıklarda pH ‘ın kilit faktör olduğu saptamışlar fakat, sıcaklık arttığı zaman, sıcaklığın etkisinin hidroliz üzerinde daha etkili olduğunu görmüşlerdir. Monokloro ve 3’-karboksipridin s triazin boyanın reaktivitelerini karşılaştırmalarının sonucunda; sonraki hidroliz hız sabitinin öncekinden iki derece fazla olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca boyama şartlarını da incelemişler ve yüksek sıcaklıklarda boyama için en iyi pH ın 8 olduğunu bulmuşlardır [23].

Tutak yaptığı çalışmada reaktif boyarmaddelerle yeni bir reaktif grup olarak tetrazin yapısı denemiş ve boyama performansı deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla değişik sıcaklık ve koyuluklarda boyama verimleri hesaplanmış, renk koordinatları ve haslıklar belirlenmiş bu değerler triazin boyalar için elde edilen değerlerle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak tetrazin reaktif grup için en iyi sıcaklığın 35-40 °C olduğu belirlenmiştir. Monoklor tetrazin boya ile erişilen etkinliğin diklor triazin boyadakine kıyasla düşük olduğu fakat farkın çok büyük olmadığı ve özellikle ılık boyama şartlarında kullanılabileceğinden dolayı enerji tasarrufu sağlayacağı ileri sürülmüştür [24].

Koca yaptığı çalışmada, monoklorotriazin ve vinilsülfon grupları içeren bakır kompleks yapıda heterobifonksiyonel formazan boya olan Blue KBR (C.I. 221) reaktif boyarmaddesiyle örülmüş pamuklu kumaş çektirme yöntemiyle boyanmıştır. Boyamalarda tuz, alkali, zaman ve sıcaklık parametreleri değiştirilerek en uygun boyama şartları araştırılmıştır. Sıcaklığı 10⁰C arttırmanın tepkime hızını dört kat arttırdığı bulunmuştur. Tuz ve kostik etkisi ise değişik sıcaklık ve boyama koyuluklarında test edilmiştir. Boyama proseslerinde pH değeri 10-12 dolayında tutulmuş ve tuz, alkali, sıcaklık ve süre değişkenlerinin boyama verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Boyanmış kumaşlarda önemli kalite göstergesi olan renk haslıkları deneyleri sonucunda kullanılan kimyasal madde miktarı arttırıldıkça ışık haslıklarında artma görülmekte sürenin kısaltılmasında açık ve orta boyamalarda haslığı biraz düşürmekte, sıcaklığın düşmesi ise boyamaların genelinde olumlu bir etki yapmış bu da özellikle işletmelerde ekonomi açısından önemli bir veri olduğu belirtilmektedir. Diğer taraftan sürtme ve yıkama haslığı değerleri de beklenildiği gibi yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Boyamaların sonrasında ışık, sürtme ve yıkama haslıkları deneyleri yapılmış ve yüksek haslık değerleri elde edilmiştir. Boyanan kumaşlar üzerinde L, a, b değerleri üç boyutlu renk skalasında değerlendirilerek mavi renk tespit edilmiştir. Renk verimi için K/S ve ΔE^* değerleri spektrofotometrik yöntemle tespit edilerek literatür ile karşılaştırması yapılmıştır [25].

Turhan yaptığı çalışmada, çektirme yöntemine göre boyarmadde ile selülozik elyafın boyanması işlemine düşük sıcaklıkta ve sodyum klorürün en başta boyama banyosuna ilave edilmesi ile başlamıştır. Sıcaklığın yükseltilmesi ve sabitlenmesinin ardından sodyum karbonatın boyama banyosuna eklenmesi ile pH arttırılmıştır. Boyama koşulları sabit tutularak boyanan numunelerin yıkama işlemlerinde, kullanılan kimyasal maddeler değiştirilmiştir. Böylece boyarmaddenin selülozik elyaf üzerindeki çektirme derecesine, fikse oranına ve renk haslıklarına beş farklı alkali (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sodyum karbonat, amonyum hidroksit, sodyum bikarbonat), ticari sabun ve şehir suyu kullanılarak yapılan yıkama işlemlerinin etkileri incelenmiştir. Sabit boyama koşullarından dolayı tüm farklı yıkama şartları için çektirme yüzdesi 99,29 bulunmuştur. Elde edilen reaktif boyarmaddenin heterobifonksiyonel yapıda olması, tüm şartlar için yüksek fikse oranına neden olmuştur. Boyanmış numunelerin yıkama, sürtme, ter ve ışık haslığı deneylerinde ise beklenildiği üzere yüksek değerler tespit edilmiştir [26].

İçoğlu yaptığı çalışmada, seçilen vinilsülfon esaslı reaktif boyarmadde ile farklı sıklık, gramaj ve örgü yapısındaki 8 pamuklu dokuma kumaş, üç farklı tonda (20g/L, 60g/L, 120g/L) ve dört farklı yöntemle göre (pad-batch, pad-steam, pad-termozol, çektirme) boyamıştır. Boyalı kumaş numunelerine renk ölçümü ve çeşitli haslık testleri uygulanmıştır. En açık ton için çektirme ve pad-batch yöntemlerinde renk eşleşmesi görülmüştür. Çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda örgü yapısının, renk şiddeti üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Ter ve ışık haslıkları üzerinde boyama yönteminin oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Çektirme yönteminde en yüksek ışık ve ter haslığı sonuçlarına ulaşılmıştır [27].

Aktaş yaptığı çalışmada, %100 keten, %50/50 keten/viskon ve %50/50 keten/pamuk karışımı materyallerin çektirme yöntemine göre reaktif, direkt ve kükürt boyarmaddelerle boyanması, boyanmış materyallerin haslık özelliklerinin, boyanmış ve boyanmamış materyallerin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması amaçlamıştır. Bu deneysel çalışmada direkt boyarmaddelerden C. I. Direct Red 83:1, C. I. Direct Yellow 98, Indosol Navy SF-GLE (Clariant) ; reaktif boyarmaddelerden C. I. Reactive Yellow 176, C. I. Reactive Red 241, Drimaren Blue CL-2RL (Clariant), C.I.Reactive Blue 21, C.I.Reactive Red 23, Remazol Brilliantorange FR (Dystar); kükürt boyarmaddelerden C. I. Leuco Sulphur Black 1, C. I. Leuco Sulphur Gren 9, C. I. Leuco Sulphur Yellow 20 (Dystar) kullanılmıştır. Her bir boyama, boyamanın tekrarlanabilirliğinin kontrolü amacıyla iki kere tekrar edilmiştir. Reaktif ve direkt boyarmaddelerin % boya çekim özellikleri belirlenmiştir. Materyallerin renk ölçümleri reflektans spektrofotometresinde yapılmıştır. Boyanmış materyallere yıkama ve sürtme haslığı testleri, boyanmamış ve boyanmış materyallere mukavemet ve yırtılma testleri uygulanmıştır. Kükürt boyarmaddesi ile boyanmış materyallere ayrıca aşındırma testi yapılmıştır. Çalışma sonucunda %100 keten ve karışımlarının Indosol Navy SF-GLE direkt boyarmaddede en fazla çekim gösterdiği belirlenmiştir. Kumaşlar arasında da %50/50 keten/viskon karışım kumaşın Indosol Navy SF-GLE direkt boyarmaddesinin %98'ini bünyesine aldığı gözlemlenmiştir. Mukavemet test sonuçlarına göre, boyanmamış ve boyanmış numuneler arasında çok az derecede mukavemet kaybı olduğu gözlenmiştir. Boyanmış numunelerin yıkama haslıklarının iyi değerlere (gri skala 4-5) sahip olduğu belirlenmiştir [28].

Tutak ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, pamuklu kumaşa çinko klorür tozu ile farklı şartlar altında işlem yapılmıştır. İşlemli ve işlemsiz kumaşlar çektirme yöntemine göre

boyanmış ve silikonlu bitim işlemi ile yumuşatılmıştır. Boyanmış kumaşlara ait K\S renk gücü, ışık, yıkama ve sürtme haslıkları incelenmiştir. Atomik absorpsiyon yöntemine göre kumaşlarda bulunan çinko miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çinko tuzu uygulamasının ışık haslığına herhangi bir etkisi olmazken, yıkama ve sürtme haslıklarını da çok az düşürdüğü belirlenmiştir [46].

Özdemir ve Tutak' ın yaptıkları çalışmada ticari olarak kullanılan Denactive Red BRN boyarmaddesi ile %100 pamuklu örme kumaş, 3 farklı boyama yüzdesinde ve 3 farklı tuz konsantrasyonunda boyanmıştır. Boyama sırasında UV-vis geçirgenlik renk ölçümleri yapılarak boyama şekilleri elde edilmiştir. Boyama kinetiklerine göre seçilen boyarmadde için % 83-95 arasında çekim elde edilmiştir [47].

Holtz ve arkadaşları mutfaklarda, banyolarda ve özellikle hastanelerde kullanılan su bazlı boyalarda nano yapılı gümüş vanadat antibakteriyel katkı olarak kullanmışlar ve nasıl etki ettiğini incelemişlerdir. Gümüş vanadat bileşiği, gümüş nitrat ve amonyum vanadatın hızlı çöktürme reaksiyonu ile hazırlanmıştır. Yapılmış olan testlerde bu nano yapılı gümüş vanadatın *Staphylococcus aureas (MRSA)*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* ve *Salmonella enterica* bakterilerine karşı antibakteriyel etki gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca bu nanomateryal su bazlı boyalar için bir antibakteriyel katkı maddesi olarak test edilmiş ve boya içerisindeki hacimce formülasyonu %1 bir olan bu nano yapılı gümüş vanadat, *MRSA* suşuna karşı 4-mm inhibisyon zonu oluşturmuştur. Yapılmış olan bu araştırma sonrası hazırlanmış olan bu gümüş vanadat antibakteriyel katkılı su bazlı boyanın göstermiş olduğu etkiden dolayı mutfak, banyo ve hastanelerde rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [29].

Caballero ve arkadaşları antibakteriyel özellik gösteren TiO_2 fotokatalizörü içeren akrilik boyanın floresan ışığı altında *Escherichia coli* bakterisinin pasifleştirilmesini incelemişlerdir. Bakteri pasifleştirilmesi, farklı yükleme oranlarında (%15-80 toplam pigment konsantrasyonu) fotokatalizör içeren boya kullanılarak 96 saat gözlenmiştir. TiO_2 'ye ek olarak boya bileşimine ilave edilen silika ve talk gibi katkı maddelerinin bakterilerin pasifleştirilmesinde etkili olmadığı görülmüştür. Fakat $CaCO_3$ 'ün katkı maddesi olarak kullanımı boyanın fotokatalitik aktivitesini düşürmüştür. Bu da özellikle $CaCO_3$ konsantrasyonu %40'tan yüksek olduğunda, mikroorganizma ile nanoparçacık arasındaki bağın azalmasına dayandırılmıştır. Sonuç olarak dikkatli bir formülasyon ile

hazırlanan boyanın *Escherichia coli* bakterisine karşı floresan ışığı altında fotokatalizör etkisi gözlenmiştir [30].

Tutak ve Gün CI bazik yeşil 4 (Malahit Yeşili) boyasının bazı patojenik bakterilere karşı antibakteriyel etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada, CI Bazik Yeşil 4 boyası ve boyalı akrilik kumaşa ait boyanma özelliği ve yaygın patojen *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerine karşı antibakteriyel özellik çalışılmıştır. CI Bazik Yeşil 4 boyasının seçilen bakterilere karşı etkili olduğu görülmüştür. Malahit yeşili katyonik boyası ile boyanan akrilik kumaş, seçilen bakterilere karşı farklı antibakteriyel aktivite göstermiştir. %1, %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki Malahit yeşili boyaya antimikrobiyal test yapılmış ve artan boya konsantrasyonu ile inhibisyon zonunun bütün bakteriler için arttığı gözlenmiştir [31].

Hochmannova ve Vytrasova iç cephe boyaların, fotokatalitik ve antimikrobiyal özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada boyalar; dolgu maddeleri, katkı maddeleri, fotokatalitik ve antimikrobiyal özellikte olan nano çinko oksit ve anataz titanyum dioksitten farklı türleri kullanılarak uygun formülasyonda sulu akrilik dispersiyon şeklinde hazırlanmıştır. Fotokatalitik yüzeylerin reaktifliği için indikatör olarak organik turuncu II boyası kullanılmış ve absorbans ölçümleri fotometre ile yapılmıştır. Hazırlanan boyaların antimikrobiyal etkisi agar plaka test metodu ile incelenmiştir. Deneyde *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* bakterileri ile *Aspergillus niger* ve *Penicillium chrysogenum* mantarları kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda, %1-5 arası kullanılan ve artan yüzdeyle nano çinko oksitin, anataz titanyum dioksitlere göre daha iyi fotokatalitik ve antimikrobiyal etki gösterdiği sonucu çıkarılmıştır [32].

Farouk ve Gaffer'in yaptıkları çalışmada pamuk selüloz için yeni geliştirilen bir reaktif boya kullanılarak aynı anda yapılan boyalarla antibakteriyel sonuç sağlanmıştır. Ticari reaktif boya CI reaktif kırmızı 198'in kimyasal yapısı değiştirilerek pamuk selüloz için antibakteriyel kaplama sağlanmıştır. Bu çalışmada Remazol Red RB (CI Reaktif Kırmızı 198) yapısındaki sülfonamid grubu ile metanilik asit yer değiştirilmiştir. Bu modifikasyon, ticari boyanın içindeki 4-aminoN- (4,6dimetilprimidin-2-yl) benzen-sülfonamid (sülfadimidin) grubu ile metanilik asit yer değiştirilerek yapılmıştır. Optimum tükenme ve sabitleşme değerleri her iki boya için 60 g/L sodyum sülfat ve 20 g/L sodyum karbonat miktarlarında elde edilmiştir. Modifiye boya ticari boyaya göre daha yüksek substantivite,

tükenme ve fikse verimliliği sergilemiştir. Boyalı örnekler her iki boya için farklı konsantrasyonlarda antibakteriyel faaliyetlerine karşı gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) ve gram negatif (*Escherichia coli*) bakterileri kullanılarak incelenmiştir. Değiştirilmiş (modifiye) boya ile boyanan pamuk kumaş özellikle gram-negatif (*E.coli*) bakterisi için ticari boyaya kıyasla daha yüksek antibakteriyel etkinlik göstermiştir [33].

Ureyen ve ark. patonojik mikroorganizmaların gelişimi için tekstil yapıları oldukça uygun olduğundan yaptıkları çalışmada bunun üzerine gitmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada antibakteriyel gümüş içerikli bitim ajanları %100 pamuk ve polyester örme kumaşlara uygulanmıştır. Gümüş iyonları yaş işlem ile yüzeye uygulandıktan sonra 10 yıkama sonrası antibakteriyel etkisi incelenmiştir. Ayrıca kumaşların patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve renklere olan etkisi de araştırılmıştır. Hava geçirgenliği düşerken, renk etkinliği ve patlama mukavemetinin ciddi oranda etkilenmediği görülmüştür [34].

Zhang yaptığı çalışmada gümüş katkılı dokusuz yüzeye 30 dk boyunca uygulanan *E. coli* bakterisine karşı direnci ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki; gümüş iyonu kumaşa %100 antibakteriyel aktivite özelliği kazandırmış, bakterilerin üremesini engellemiştir [35].

Pollini ve ark. bu çalışma da; yün kumaş üzerine nano-gümüş antibakteriyel kaplama yapılarak yenilikçi yöntem incelenmişlerdir. Antibakteriyel özellikteki kumaşların başlıca sağladığı avantajların başında bakteri üremesini engelleyerek kokuyu azaltmalarındır. Gümüş, birçok bakteri türüne karşı uzun süre antibakteriyel etkinlik gösteren ve çok yüksek derece de biyo-uyumluluğu olan etkin bir antibakteriyel ajandır. Özellikle farklı oranlarda gümüş işlenmiş liflerden yapılan dokuma kumaştan iyi antibakteriyel aktivite gösteren oran belirlenmiş ve bitim işlemi ile de etkinliği optimize edilmiştir. Antibakteriyel testlerde *Escherichia coli* bakterisi kullanılmıştır. En güçlü antibakteriyel etkinlik, düşük gümüş oranlarında saptanmıştır [36].

Can, C ve ark. yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisinde çok kullanılan ve birçok çalışmaya konu olan gümüşün, antibakteriyel etki mekanizması ve toksisitesi anlatmaktadırlar. Ağır metallerin mikroorganizmalara karşı toksik etki gösterdikleri bilinmektedir. Ancak ağır metal iyonlarının pek çoğu mikroorganizmaları öldürmesine rağmen toksik, alerjik etki yaratmaları ve çevresel sorunlara yol açmaları nedeniyle tekstil endüstrisinde kullanılamamaktadır. Gümüş ise yüzyıllardır tedavi amacıyla ve antibakteriyel tekstil

üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gümüşün, su dezenfeksiyonunda, yanıkların ve kronik ülserlerin tedavisinde kullanımının milattan önce 1000’li yıllara kadar uzandığı bilinmektedir. Literatürde, 1800’lü yıllarda gümüşün göz damlası olarak kullanıldığı, daha sonra penisilinin bulunmasıyla beraber kullanımın azaldığı ancak 1960’lı yıllarda %0,5’lik gümüş nitrat çözeltisinin yanık tedavisinde tekrar yaygın olarak kullanılmaya başlanıldığından bahsedilmektedir. Bu yıllarda gümüşün *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* gibi bakterilere karşı etkinliği kanıtlanmıştır. 1968 yılında gümüş nitrat sülfonamidle kombine edilerek gümüş sülfadiazin krem elde edilmiştir. Bu krem pek çok mikroorganizmaya karşı etkili olması nedeniyle yanık tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Literatürde gümüş sülfadiazinin *E.coli*, *S.aureus*, *Klesiella sp.* ve *Pseudomonas sp.* gibi bakterilere karşı etkin olduğu ayrıca antifungal ve antiviral etkinliklere de sahip olduğundan bahsedilmektedir. Günümüzde antibiyotiğe dirençli bakterilere karşı farklı miktarlarda gümüş içeren yara örtüleri kullanılmaktadır.

Gümüşün mikroorganizmaları öldürme mekanizması halen çok net açıklanamamaktadır. Metalik gümüşün, gümüş iyonlarının ve gümüş nano partiküllerin bakteri hücresinde meydana getirdiği morfolojik ve yapısal değişiklikler incelenerek mekanizma daha net anlaşılmaya çalışılmaktadır. Yapılan çalışmalar ışığında gümüşün bakteri hücre duvarına ve hücre zarına bağlandığı, tiyol grupları ile etkileşerek solunum enzimlerini inhibe ettiği ve böylece mikroorganizmanın ölümüne yol açtığı bilinmektedir [37].

Cho ve Lee’ nin yaptıkları çalışmada, geçiş metal atomlarından çinko, bakterilere karşı etki mekanizması, metal formunda ve iyonik olarak (Zn^{+2}) bakteri stoplazma membranı ile kompleks yapması sonucunda bakterinin ölmesini sağladığından bahsedilmektedir [38].

Ateş ve ark. yaptıkları çalışmada pamuk lifi üzerinde nano boyutta çinko oksit oluşturarak ürünü fonksiyonel hale getirmeye çalışmışlardır. Yaptıkları uygulamada mikrodalga yardımı ile hidrotermal yöntemle nano boyutta partikül oluşturulmuştur. Sterik asit ard işlemi ile de yüzeye ek olarak hidrofob özellik kazandırılmıştır. Uygulanan kimyasal işlemin yıkama dayanıklılığının 4 yıkama olduğu sonucuna varılmıştır. Pamuklu kumaş üzerine yapılan işlem ile UV koruyuculuk özelliği sağlandığı ifade edilmiştir [39].

Ursache ve ark. yaptıkları çalışmada gümüş nitrat ve çinko sülfat tuzlarını kullanarak pamuk lifini çitosan ile farklı işlem şartlarında muamele ederek antibakteriyel ürün elde

etmeye çalışmışlardır. Pamuk lifi Direk 26 boyası ile boyanarak renk ve boyama ile ilgili sonuçlarda değerlendirilmiştir. Çeşitli spektroskopik yöntemlere göre metal analizi yapılmış ve farklı bakterilere karşı antibakteriyel aktivite test edilmiştir. Araştırmacılar yapmış oldukları gümüş ve çinko tuzu uygulamalarının pamuk lifinde antibakteriyel sonuç elde edildiğinin ve bu amaçla kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir [40].

Teli ve ark. çalışmasında antibakteriyel tekstiller hijyen ve tıp alanında bakteriler karşı savunma sağladığından dikkat çeken gelişmeleri incelemişlerdir. Gümüş nanopartikülü yapısı kahverenginde olup, renkli antibakteriyel organizmaların gelişimi için oldukça uygundur. Modifiye ürünler FTIR, TGA ve SEM yöntemleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Nano gümüşle aşılınmış bambu rayon hem pozitif hem de negatif bakterilere karşı antibakteriyel aktivitesi değerlendirilmiştir. Ayrıca yıkama sonrası antibakteriyel dayanımı da incelenmiştir. Her iki bakteri türüne karşı ürünün 50 yıkama sonrasında bile antibakteriyel aktivitesini koruduğu görülmüştür [41].

Bilget ve Tutak'ın yaptıkları çalışmada diğer referans çalışmalara göre farklı nano boyuttaki gümüş ve çinko partiküller ilk defa tekstil pigment baskı sürecinde uygulanmıştır. Bu sayede nano boyuttaki gümüş ve çinko kalıcı bir şekilde pamuk, polyester ve pamuk/polyester karışımı dokuma kumaşlara istenilen farklı oranlarda ve kolay bir şekilde dahil edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nano boyutta partikül içeren pigment baskılı kumaşlar iyi seviyede antibakteriyel özellik gösterdiği belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında, üç farklı kompozisyondaki kumaşa iki farklı renkte, üç farklı oranda nano boyuttaki çinko ve gümüş uygulanmıştır. Nano boyuttaki çinko ve gümüşün kumaşa uygulanmasında antibakteriyel özellik, gramaj, kalınlık, renk ve haslıklar üzerindeki etkisinin sonuçları değerlendirilmiştir. ASTM E 2149-01 standardına göre yapılan testlerde gerçek yaşamdaki ortam şartlarına benzer durumda test yapılmıştır. Farklı kompozisyonlardaki kumaşlara, farklı oranlarda uygulanan gümüş ve çinkonun antibakteriyel etkinliği ölçülmüştür. Aynı oranlarda hazırlanan patlar kumaşlara uygulanmış, bu kumaşlara daha sonra yapılan antibakteriyel testlerde gümüşün çinkoya göre daha etkin antibakteriyel özelliğe sahip olduğu saptanmıştır.

Gümüşün çok geniş spektrumlu bir antibiyotik olması, gümüşe bakteri direncinin neredeyse hiç bulunmaması ve düşük konsantrasyonlarda toksik olmamasından ötürü etkin bir antimikrobiyal madde olduğu gözlemlenmiştir. Çinkonun, antibakteriyel özellik

noktasında piyasalarda yerini yeni yeni almaya başlayan bir metal olduğu ve gümüşe göre daha pasif antibakteriyel özellikte olmasına rağmen daha ekonomik oluşu çinkonun başlıca tercih sebebini oluşturduğu belirtilmiştir [42].

Çinkoya göre daha yüksek antibakteriyel özelliğe sahip olması ile bilinen gümüşün uygulama esnasında oksitlenerek renk değişimine neden olabilmektedir. Gümüş iyonu çinkoya göre daha pahalıdır, çinko maliyet açısından daha avantajlı olmasına rağmen bu doktora çalışmasında özellikle gümüş nitrat, çinko borat ve çinko oksit ile çalışılarak avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Iamphaojeen ve ark. yaptıkları çalışmada çinko oksit nano partikülleri kalıcı olarak poly 4-styrenesulfonic asit kullanarak katyonize pamuk üzerine applike edilmiştir. Yüzeyde katman katman olarak elde edilen pamuk lifinin yüzeyi çok katmanlı olarak fonksiyonel hale getirdiği ifade edilmiştir. Yüzeyde oluşan katmanlı yapı çeşitli teknikler ile karakterize edilmiştir. Elde edilen kumaşların UV koruyucu özelliği AS/NZS 4339:1997 standartına göre sağladığı ve AATCC 147-2004 standart test metoduna göre de *Staphylococcus aureus* bakterisinde antibakteriyel özellik gösterdiği ifade edilmiştir [43].

Pilavtepe yaptığı çalışmanın amacı, basınca dirençli *Escherichia coli* O157:H7 933 ve *Staphylococcus aureus* 485' in düşük asitli bir gıdada basınca bağlı inaktivasyon kinetiğini ve mekanizmasını belirlenmesidir. Çalışmanın birinci bölümünde, çalışılan patojenlerin inaktivasyon eğrileri 200-400 MPa ve 40°C'de peptonlu su ve havuç suyunda elde edilmiştir. Mikrobiyal inaktivasyon, birinci derece reaksiyon kinetiği ve Weibull dağılımı ile modellenmiştir. Weibull dağılımının inaktivasyon eğrilerini daha iyi betimlediği belirlenmiştir. Havuç suyunun *E. coli* O157:H7 üzerine koruyucu etkisi varken, *S. aureus* üzerine inhibe edici etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu etkinin, havuç köklerinde doğal olarak bulunan bileşiklerin veya fitoaleksinlerin *S. aureus* üzerindeki toksik etkisinden kaynaklanabileceği bulunmuştur. Yüksek hidrostatik basınç (YHB) ve fitoaleksinlerin kombine kullanımı, basınca dirençli *S. aureus* ve diğer Gram- pozitif bakterilere karşı potansiyel antibakteriyel uygulama olabilir. Çalışmanın ikinci bölümünde, farklı basınç uygulamalarında her iki patojenin taramalı elektron ve floresans mikroskopu ile görüntüleri elde edilmiştir. SEM mikro şekilleri kullanılarak görüntü analizi metodu ile bakteri hücrelerinin yüzey alanını ve hacmini hesaplamak için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Basınçlanmış hücrelerin membran bütünlüğü de floresans mikroskopu

görüntüleri ile incelenmiştir. Her iki patojenin yüzey alanı ve hacmi çalışılan en yüksek basınç değerlerinde önemli bir artış göstermiştir. *E. coli* O157:H7 hücreleri 200 MPa basınç değerinde de yüzey alanı ve hacim olarak önemli bir artış göstermiştir. Bu basınçlar altında yüzey alanı ve hacimdeki artışlar membran yapısındaki bir takım değişiklikler, örneğin, geçirgenliğin kaybolması veya artması, membran bütünlüğünün bozulması, membrana bağlı proteinlerin denatürasyonu ve membran yağ tabakasındaki faz değişimi ile açıklanabileceği belirtilmiştir [50].

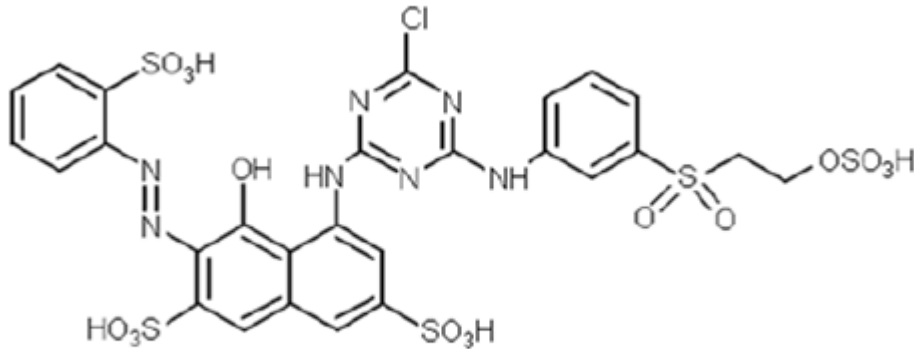
Apar' ın yaptığı çalışmada; öncelikle mısır glutenin hidrolizi için en uygun enzimin *Alcalase* olduğu belirlenmiştir. Farklı proses şartlarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda hidroliz için optimum proses şartları; substrat konsantrasyonu 30 g protein/L, enzim miktarı % 0,25 (hacim/hacim), sıcaklık 55°C ve pH 8 olarak belirlenmiştir. Optimum proses şartlarında, 120 dakika süreyle gerçekleştirilen hidroliz reaksiyonu sonucunda, % 28,4 hidroliz derecesi, % 85,3 protein çözünürlüğü elde edilmiş ve enzimin aktivitesini yaklaşık % 74 oranında kaybettiği saptanmıştır. Optimizasyon deneyleri sonucunda elde edilen tüm veriler analiz edilerek; hidroliz, çözünürlük ve enzim inaktivasyonu için kinetik modeller elde edilmiş, mısır gluteninin hidrolizinin Michaelis-Menten Kinetiğine uygunluğu, başlangıç hız deneyleri gerçekleştirilerek ayrıca incelemiştir. Diğer yandan, 55°C sıcaklık ve pH 7,5 değerinin üzerinde gerçekleştirilen deneyler için yapılan modelleme çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin ikinci mertebe inaktivasyon kinetiğine uyduğu belirlenmiştir. 55°C sıcaklık ve pH 7,5 değerlerin üzerine çıkıldığında, inaktivasyon mekanizmasının değiştiği (enzim inaktivasyon kinetiğinde bir kayma meydana geldiği) belirtilmiştir. İnaktivasyon kinetiğindeki bu kayma, belirli bir sıcaklık ve pH değerinin üzerine çıkıldığında protein yapısında meydana gelen deformasyonlar sonucunda enzimin stabilitesini koruyamaması, dolayısı ile inaktivasyon hızında meydana gelen artış ile açıklanabilir [51].

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Boyama işleminden önce literatürdeki bilgiler ışığında [15-28] boyamada kullanılacak sıcaklık, pH, tuz miktarı, soda miktarı, boyama süresi, şartları belirlenmiş ve uygun bir çalışma reçetesi çıkarılarak reaktif boyamalar için boyama sıcaklığı 70°C’de tutulmuştur. Boyama süreçlerine ait Boyama İşlemi, kullanılan ekipman ve kimyasal maddeler aşağıda verilmiştir.

5.1. Reaktif Boyalar

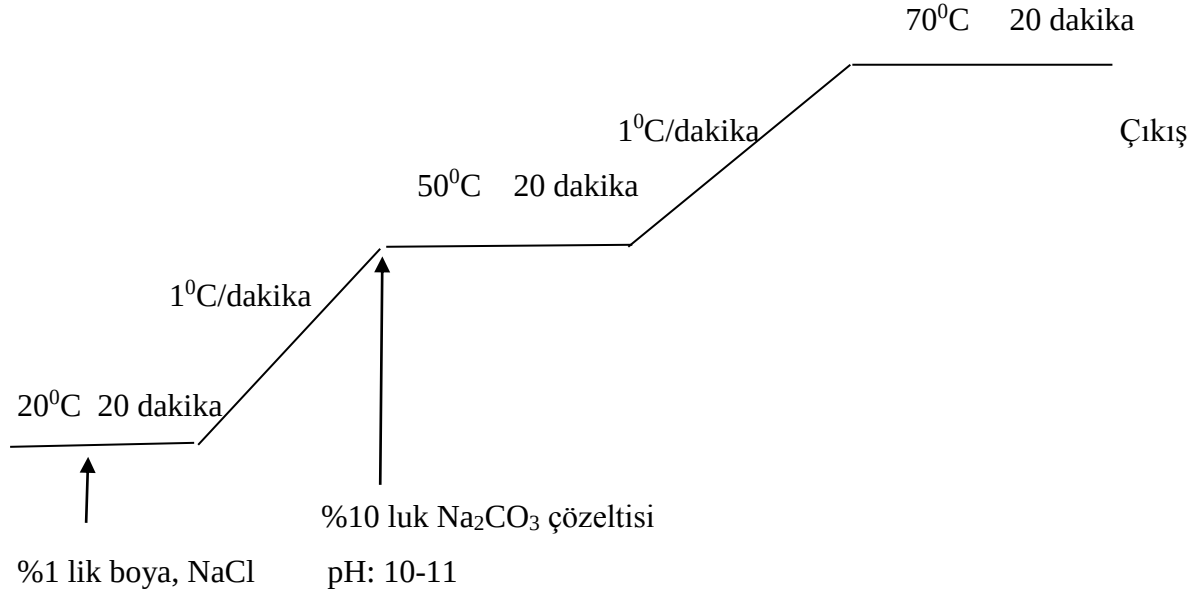
Kullanılan reaktif boyalar monoklortriazin\vinilsülfon yapısına sahiptir. Boyaların kimyasal yapısı Şekil 5.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Reaktif boyanın kimyasal yapısı

5.2. Boyama İşlemi

Boyama öncesi kumaş numuneleri 20 dakika boyunca oda sıcaklığındaki suda bekletilmiştir. Optimum boyama şartlarında boyanan ham selülozik kumaşlarda antibakteriyel aktiviteyi sağlamak amacıyla çinko oksit, gümüş nitrat ve çinko borat değişik yüzdelerde kullanılmış ve diğer şartlar sabit tutularak boyama yapılmıştır. Boyama İşlemi Şekil 5.2’ de verilmiştir. Her bir boyamanın tekrarlanabilirliğini sağlamak için en az 2 kez aynı boyama şartları kullanılarak boyama yapılmıştır.



Şekil 5.2. Boyama işlemi

5.3. Boyama reçetesi

Boyama sıcaklığı: 70⁰ C

Kumaş: 175 g/m² işlem görmemiş örülmüş penye (Denge Kimya)

Deneyde kullanılan tekstil miktarı: 5 g.

Flotte oranı: 1/10 (5 g kumaş için 50 mL boya banyosu)

Kullanılan boyalar: Denactive Yellow BRN, Denactive Navy Blue BS (F), Denactive Red BRN (Denge Kimya)

Boyarmadde yüzdesi: % 1' lik çözelti

Tuz: NaCl (% 99,5 saflıkta, Merck), her boyama için 0,5 gram

Baz: % 10 luk Na₂CO₃ çözeltisi (% 99,9 saflıkta, Merck), her boyama için 10 mL

5.4. Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasallar

Antibakteriyel aktivite için gümüş nitrat, çinko oksit ve çinko borat kullanılmıştır. Kullanılan kimyasalların yüzdesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.

ZnO (% 99-100,05 Merck, Katalog no: 130148)

AgNO₃(% 99,8 Carlo Erba, Katalog no: 424067000)

2ZnO.3B₂O₃.3,5H₂O (BH₃O₃ x Zn, Sigma Aldrich, Katalog no: 156398); formül uzun

olduğu için çizelgelerde ZnB olarak gösterilmiştir.

5.5. Ekipmanlar

Boyama makinesi: Termal 612 NHT

Hassas terazi: Kern ACJ/ACS 220-4M

pH metre: pH 7110 İnoLab

Etüv: Termal Ordel OC 990

UV/Visible spektrofotometre: Perkin Elmer Lambda 900

5.6. Yıkama

Boyanan kumaşlar önce 5 dakika akan suda, sonra 20 dakika yaklaşık 90⁰ C sıcaklıktaki suda bir kap içerisinde bekletilmiş, 30-40⁰C aralığındaki suda tekrar yıkanmış ve son olarak 5 dakika tekrar akan suda yıkanmıştır. Yıkama şartları zorlanmış şartlar olup burada amaç lifle bağlanmadan kalan boyarmadde ve kimyasalları tekstil materyali üzerinden uzaklaştırmaktır.

5.7. Haslık Tayinleri

Belirlenen standartlara göre haslık testleri Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarlarında yapılarak boyamanın etkinliği tespit edilmiştir [57, 58, 59].

Sürtme haslığı: TS 717 EN ISO 105-X12 Şubat 2000 ICS 59.080.01 sayılı standarta göre sürtme haslığı için Termal marka elektronik krokmetre kullanılarak elde edilen sonuçlar kuru ve yaş olmak üzere gri skala ile değerlendirilmiştir [59].

Yıkama haslığı: TS EN ISO 105-C06 Ekim 2001 ICS 59.080.01 sayılı standarta göre elde edilen sonuçlar akma ve lekeleme olmak üzere gri skala ile değerlendirilmiştir [57].

Işık Haslığı: TS EN ISO 105-B02 sayılı standarta göre güneş ışığına benzer spektral dağılım veren ksenon ark lambası ile belirlenen sürede mavi skala kullanılarak belirlenmiştir. Tekstilde istenen önemli haslıklardan birisidir [58].

TS 1008 EN ISO 105-B02 Nisan 2001 ICS 59.080.01 sayılı standarta göre K/S değerleri için Konika Minolta 3600d marka yansıma spektrofotometresi kullanılmıştır.

5.8. Fikse ve Çekim

Fikse ve çekim yüzdeleri belirlemek için katkısız boyalarla, aynı şartlarda boyama yapılmış ve önceden hazırlanan kalibrasyon eğrileri yardımıyla belirli aralıklarda boya makinesinden numuneler alınarak fikse ve çekim yüzdeleri belirlenmiştir (EK-1).

5.9. ASTM E2149-01 Antibakteriyel Aktivite Testleri

Antibakteriyel testler Erciyes Üniversitesi Tekstil Müh. Antimikrobik Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiş olup, ASTM E2149-01 Standartı kullanılmıştır. Tekstil ürünlerinin kullanımına bağlı olarak hareketli ve hareketsiz ortamlarda yapılan testlere verilecek örnekler AATCC 100-1993 AATCC 147-1993 durağan ortamlarda yapılan uygulamalar olup, ASTM E2149-01 standartı ise hareketli olarak tekstil materyallerinin bakteri ortamında yapıldığı uygulamadır. Doktora çalışması kapsamında kullanılan antibakteriyel test standartı ASTM E 2149-1 ile ilgili detaylı bilgi EK-1’de sunulmuştur [52]. Antibakteriyel aktivite testlerinin yapılışı aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

Sterilizasyon ve taze bakteri kültürü hazırlama: Test yapılmadan önce bütün ekipman ve test yapılacak olan kumaş numuneleri otoklav cihazında 121°C’de 15 dakika süre ile sterilizasyona tabi tutuldu. Test aşamasında kullanmak üzere nutrient broth besiyerine seçilen bakterin ekimi yapılarak 18 saat boyunca 37°C’de bekletilerek taze bakteri kültürü elde edildi.

Bakteri/Kumaş etkileşimi: Steril edilmiş kumaş numunesinden 0,5 g alınarak içerisinde 10 mL tampon çözelti içeren erlen içerisinde yerleştirilmiştir. Taze bakteri kültüründen 0,25 mL alınarak aynı erlenin içine ilave edilmiştir. Test başlangıcında ilk karışım işleminden sonra numune alınarak seri seyreltme işlemi yapıldı. İşlem yapılan erlen içerisinde bulunan kumaş/bakteri 3 saat süresince hareketli ortamda 37°C’de bekletildikten sonra ortamdan örnek alınarak tekrar seri seyreltme işlemi yapılmıştır. İşlem başlangıcı ve sonunda alınan ve seri seyrelme yapılan örnekler nutrient agar besi yeri üzerine ekilerek 24 saat boyunca 37°C’de bekletilerek bakteri kolonisi oluşması sağlanmıştır.

Sonuçların değerlendirilmesi: Nutrien agar besi yeri üzerinde oluşan bakteri koloni sayıları belirlendikten sonra seyreltme sayısına göre gerekli hesaplama işlemleri yapılarak test ortamında bulunan bakteri sayısı adet/ml olarak belirlenmiştir. İşlemli ve işlemsiz kumaşlarda görülen antibakteriyel aktivite etkinliği % düşüş olarak verilmiştir.

ASTM E2149-01 Antibakteriyel aktivite testlerine göre antibakteriyel aktivite testleri yapılarak kullanılan kimyasalların etkisi ve yeterli olan miktar belirlenmiştir. Antibakteriyelliği sağlamak amacıyla öncelikle boyaya ayrı ayrı deneyler için gümüş nitrat, çinko oksit ve çinko borat eklenmiştir. Antibakteriyel aktiviteye kullanılan kimyasalların kütlesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.

Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmıştır:

$$\text{Başlangıca göre düşüş, \% (CFU/ml)} = \frac{B - A}{B} * 100 \quad (5.1)$$

$$\text{Başlangıca göre düşüş, \% (CFU/ml)} = \frac{C - A}{C} * 100 \quad (5.2)$$

A: işlemli kumaş için adet bakteri/ml belirlenen süre sonunda bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da ($\log_{10}$ a göre bakteri yoğunluğu)

B: işlemli kumaş için adet bakteri/ml başlangıç zamanında bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da ($\log_{10}$ a göre bakteri yoğunluğu)

C: işlemsiz kumaş (Standart) adet bakteri/ml belirlenen zaman sonra bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da ($\log_{10}$ a göre bakteri yoğunluğu) [52,53].

Toplam bakteri sayımı: Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasalların en az olduğu % 0,5'lik çinko borat, gümüş nitrat ve çinko oksit katkılı boyalarla boyanan kumaşların *E. coli*, *S. aureus* ve ilave olarak toplam aerobik bakteri sayımları yapılmıştır.

5.10. On Kez Yıkama

Antibakteriyel ilaveli reaktif boyalarla boyanan kumaşlarda antibakteriyelliğin yıkama sonrası kalıcılığını test etmek için; kumaşlar tekrar 10 kez yıkama ve kurutma işlemine tabi tutulmuştur. 10 kez yıkanan kumaşların haslık ve antibakteriyel aktivite testleri belirtilen standartlara göre tekrar yapılmıştır.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde doktora çalışması kapsamında haslık testi, K/S renk verimi, L^* , a^* , b^* renk koordinatları, çekim ve fıkse yüzdeleri, antibakteriyel aktivite, inaktivasyon kinetiği simülasyon sonuçları, 10 kez yıkanmış kumaşın haslık testleri, K/S renk verimi, L^* , a^* , b^* renk koordinatları, antibakteriyel aktivite sonuçları sırasıyla verilmiştir.

6.1. Haslık

Çizelge 6.1, 6.2, ve 6.3’ de katkılı ve katkısız olarak boyanan reaktif boyaların boyama sonrası haslık sonuçları verilmiştir. Sırasıyla Denactive Red, Denactive Navy Blue ve Denactive Yellow için elde edilen sürme, yıkama ve ışık haslıkları değerlendirilmiştir [57, 58, 59].

Çizelge 6.1. Denactive red brn için haslık değerleri

SETLER	SÜRTME HASLIĞI		YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
	KURU	YAŞ	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	4/5	3/4	5/5	4/5	5
%3 Çinko borat katkılı	4/5	4/5	5/5	4/5	4/5
%3 Gümüş nitrat katkılı	4/5	3/4	5/5	4/5	3
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%2 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	4/5
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	4
%2 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%1 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%1 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	3
%1 Çinko oksit katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	5
%0,5 Çinko borat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	5
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	3/4
%0,5 Çinko oksit katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	5

Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

Çizelge 6.1 için sonuçlar değerlendirildiğinde; denactive red boyasında, çinko oksitin renk üzerinde sürtme haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre kuru ve yaş sürtme haslıklarında 1' er birim artış gözlenmiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde % 3 katkılı olan kumaşın kuru sürtme haslığı değerlerinde değişme olmadığı fakat diğer yüzdelerde 1 birim artış gözlenmiştir. Yaş sürtme haslığı değerlerinde farklı 4 yüzde için de katkısız olan boyamaya göre artış gözlenmiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında gümüşün oksitlenme özelliğinden dolayı % 3 katkılı olan kumaşta katkısız olan boyama ile aynı sonuç çıkmıştır, fakat diğer yüzdelerde 1'er birim artış gözlenmiştir.

Çizelge 6.1 için yıkama haslığı sonuçları değerlendirildiğinde; denactive red boyasında, çinko oksitin renk üzerinde yıkama haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre akma ve lekeleme haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde katkısız olan boyayla yapılan boyama ile % 3, % 2, % 1 ve % 0,5 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında yine katkısız olan boyayla yapılan boyama ile % 3, % 2, % 1 ve % 0,5 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir.

Işık haslığı, bir rengin ya da rengi oluşturan ham maddelerin ışığın ultraviyole etkisi karşısında uğrayacağı zararın derecesidir. Ultraviyole ışın, renk bileşenlerinin yapısını bozabilecek güçtedir. Yani halk dilinde rengi soldurabilmektedir. Renk bozulma ve solmalarının hızı, rengin ışık haslığı derecesi ve ultraviyole ışığın miktarıyla orantılıdır. Bazı renklerin ışığı toplama özelliğine bağlı olarak haslık değerleri de farklılık gösterebilir. Örneğin lacivert ve siyah daha çabuk solarken kırmızı ve mavi daha geç solabilmektedir [7].

Çizelge 6.1' deki ışık haslığı sonuçlarına göre; katkısız olan kırmızı reaktif boyayla boyanan kumaş numunesinin ışık haslığı sonucu iyi çıkarken çinko borat ve çinko oksit eklenen boyalarla boyanan kumaş numunelerinin ışık haslığı sonuçlarında fazla değişiklik gözlenmemiştir. Fakat gümüş nitratın antibakteriyel katkı maddesi olarak kullanıldığı boyamalarda ışık haslığı sonuçlarında 1-2 birim düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 6.2. Denactive navy blue için haslık değerleri

	SÜRTME HASLIĞI		YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
SETLER	KURU	YAŞ	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	4/5	4/5	5/5	4/5	4/5
%3 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%3 Gümüş nitrat katkılı	4/5	4/5	5/5	4/5	3
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	4/5
%2 Çinko borat katkılı	4/5	4/5	4/5	3/4	4
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	4
%2 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	4
%1 Çinko borat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	4
%1 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	3
%1 Çinko oksit katkılı	4/5	5/5	5/5	4/5	4
%0,5 Çinko borat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	4
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	5/5	4/5	4/5	4
%0,5 Çinko oksit katkılı	4/5	5/5	4/5	4/5	4

Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

Çizelge 6.2 için denactive Navy Blue değerlendirilirse; % 3 ve % 2 çinko oksit katkılı boyanın renk üzerinde sürtme haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre kuru sürtme haslıklarında 1 birim artış gözlenmiş, yaş sürtme haslığında ise bir değişiklik gözlenmemiştir. % 1 ve % 0,5 çinko oksit katkılı boyalarla yapılan boyama sonuçlarında ise kuru sürtme haslığı sabit kalmış, yaş sürtme haslıklarında 1' er birim artış gözlenmiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde % 3, % 1 ve % 0,5 katkılı olan kumaşın kuru sürtme haslığı değerlerinde 1 birim artış olduğu, % 2 katkılı olan boyada ise değişme olmadığı gözlemlenmiştir. Yaş sürtme haslığı değerlerinde % 3 ve % 2 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalar için değişme olmadığı fakat % 1 ve % 0,5 katkılarında, katkısız olan boyamaya göre artış gözlenmiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında gümüş nitrat yüzdesi azaldıkça kuru ve yaş sürtme haslıklarında artış gözlenmiştir.

Çizelge 6.2 için yıkama haslığı için sonuçlar değerlendirildiğinde; denactive navy blue boyasında, çinko oksitin % 0,5 katkılı olan boyayla yapılan boyama sonucunda akma yıkama haslığında düşüş olmuş fakat diğer yüzdelerde yıkama haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre akma ve lekeleme haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde katkısız olan boyayla yapılan boyama ile % 3, % 1 ve % 0,5 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Fakat % 2 katkılı olan boyamada akma ve lekeleme yıkama haslıklarında azalma gözlenmiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında yine katkısız olan boyayla yapılan boyama ile % 3, % 2, % 1 ve % 0,5 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiş, fakat % 0,5 akma yıkama haslığında azalma gözlenmiştir.

Çizelge 6.2' deki ışıık haslığı sonuçlarına göre; katkısız olan sarı reaktif boyayla boyanan kumaş numunesinin ışıık haslığı sonucuna göre çinko borat ve çinko oksit eklenen boyalarla boyanan kumaş numunelerinin ışıık haslığı sonuçlarında fazla değişiklik gözlenmemiştir. Fakat gümüş nitratın antibakteriyel katkı maddesi olarak % 3 ve % 1 oranında kullanıldığı boyamalarda ışıık haslığı sonuçlarında düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 6.3. Denactive yellow için haslık değerleri

SETLER	SÜRTME HASLIĞI		YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
	KURU	YAŞ	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%3 Çinko borat katkılı	4/5	4/5	5/5	4/5	5
%3 Gümüş nitrat katkılı	4/5	3/4	3/5	4/5	3
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%2 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	3
%2 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4/5	3/4	5
%1 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	5
%1 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5/5	4/5	3
%1 Çinko oksit katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5
%0,5 Çinko borat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	5
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	3
%0,5 Çinko oksit katkılı	5/5	5/5	5/5	4/5	5

Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

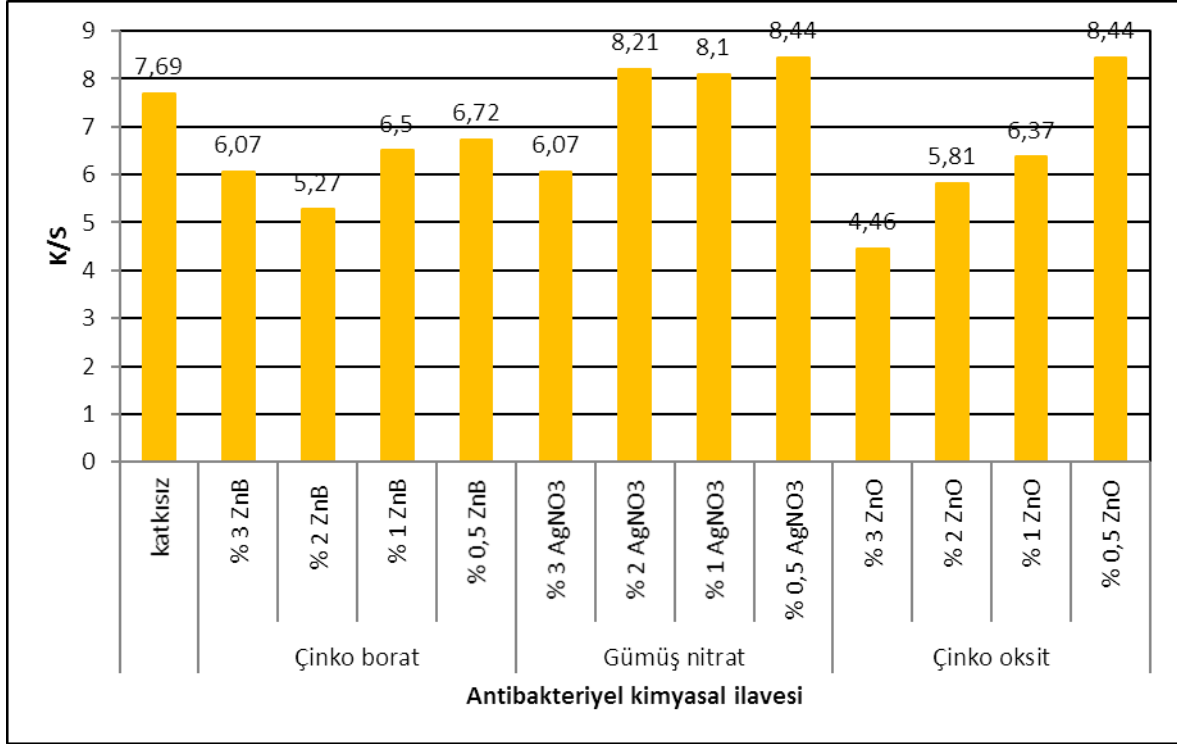
Çizelge 6.3 denactive yellow boyası değerlendirilirse; çinko oksit katkılı boyanın renk üzerinde sürtme haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre kuru sürtme haslıklarında değişiklik gözlenmemiş, yaş sürtme haslığında ise % 1 ve % 0,5 çinko oksit katkılı boyalarla yapılan boyama sonuçlarında ise 1' er birim artış gözlenmiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde katkısı en fazla olan % 3 katkılı olan kumaşın kuru sürtme haslığı değerlerinde 1 birim azalma olduğu, diğer yüzdelerde ise değişme olmadığı gözlemlenmiştir. Yaş sürtme haslığı değerlerinde % 3, % 2, % 1 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalar için değişme olmadığı fakat % 0,5 katkılarında, katkısız olan boyamaya göre artış gözlenmiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında %3 gümüş nitrat katkılı olan boyayla boyanan kumaşların kuru ve yaş haslık değerlerinde katkısız boyayla yapılan boyamalara göre düşüş olduğu fakat gümüş nitrat yüzdesi azaldıkça kuru ve yaş sürtme haslıklarında değişiklik olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 6.3 için yıkama haslığı için sonuçlar değerlendirildiğinde; denactive yellow boyasında, çinko oksitin % 2 katkılı olan boyayla yapılan boyama sonucunda akma yıkama haslığında düşüş olmuş fakat diğer yüzdelerde yıkama haslık test sonuçlarında katkısız olan boyamaya göre akma ve lekeleme haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Çinko borat etkisi incelendiğinde katkısız olan boyayla yapılan boyama ile katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Gümüş nitrat etkisine bakıldığında yine katkısız olan boyayla yapılan boyama ile % 2, % 1 ve % 0,5 katkılı olan boyalarla yapılan boyamalara göre akma ve lekeleme yıkama haslıklarında bir değişiklik gözlenmemiş, fakat % 3 gümüş nitrat katkılı olan boyamada akma ve lekeleme yıkama haslığında azalma gözlenmiştir.

Çizelge 6.3 denactive yellow için ışık haslığı sonuçları değerlendirilirse; diğer boyamalarda olduğu gibi sarı reaktif boyayla yapılan boyamalarda da gümüş nitratın kullanıldığı boyamalarda ışık haslığında düşüş gözlenmektedir. Bu sonuç gümüşün oksitlenmesinden kaynaklanabilir.

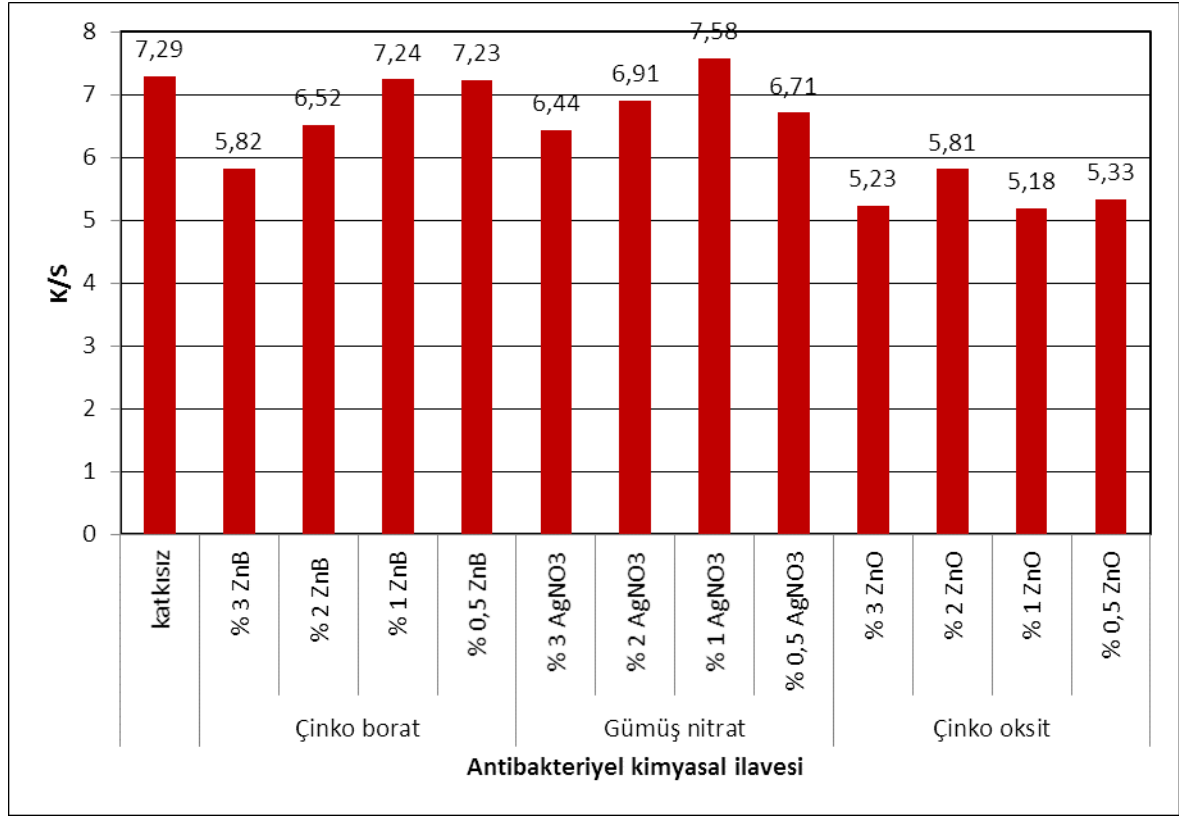
6.2. Renk Verimi (K/S)

Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3 'de katkılı ve katkısız boyanan kumaşlar için K/S renk verimi sonuçları verilmiştir. K/S değerindeki artış boyanan yüzeyde elde edilen rengin koyulaşması anlamına gelmektedir. Rengin koyulaşması ise Boyama prosesi açısından boyama veriminin yüksek olması ya da lif tarafından alınan boya miktarının fazla olması anlamına gelmektedir.



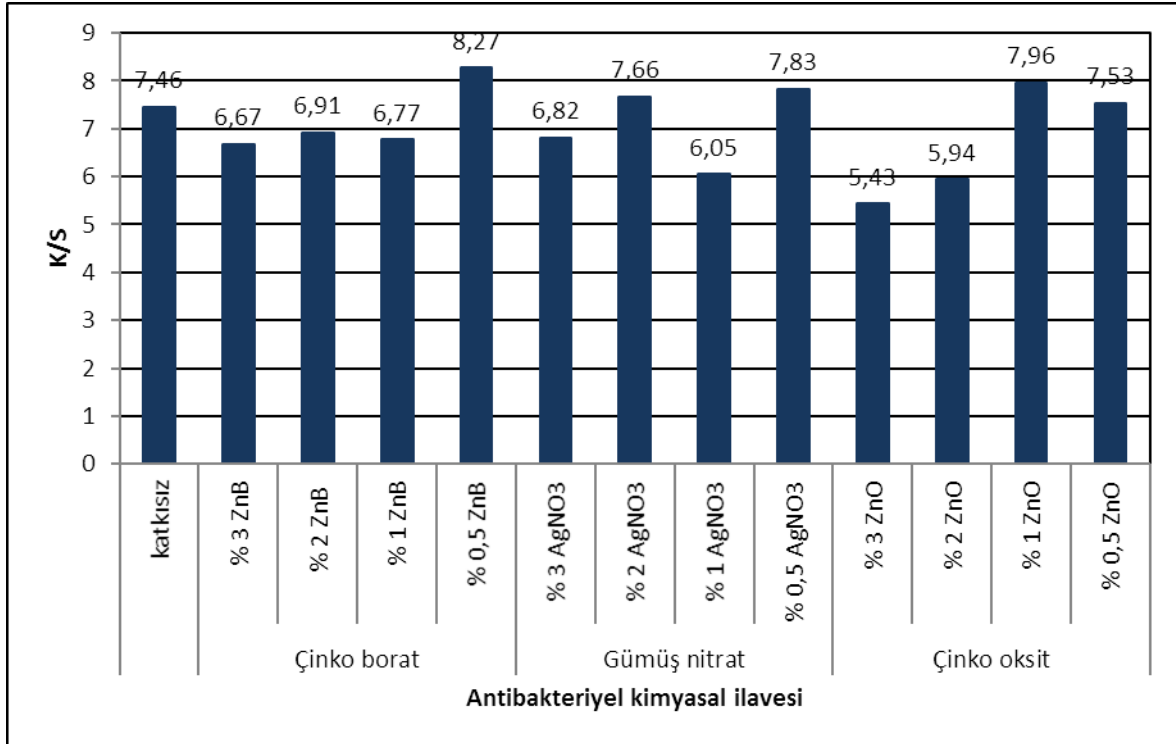
Şekil 6.1. Denactive yellow için K/S renk verimi sonuçları

Şekil 6.1' de sarı reaktif boya için K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. Katkısız sarı boya ile yapılan boyama sonucunda K/S değeri 7,7 iken % 3 katkı maddesi kullanılan sarı boyalarda renk veriminde düşüş gözlenmiştir. % 2 katkı maddeli yapılan boyamalarda ise çinko oksit ve çinko borat kullanılanlarda düşüş devam etmiş fakat gümüş nitrat kullanılan sarı boyanın renk verimi çok iyi çıkmıştır. Bu sonuç bütün gümüş nitrat uygulamalarında devam etmiş fakat çinko oksit ve çinko borat kullanılan boyamalarda % 1' de de düşüş sürmüştür. Genel olarak çinko borat ve çinko oksit kullanılan boyamalarda K/S renk verimi düşerken, gümüş nitrat kullanılan uygulamalarda yüksek K/S renk verimi gözlenmiştir.



Şekil 6.2. Denactive red için K/S renk verimi sonuçları

Şekil 6.2' de kırmızı reaktif boya için K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. Katkısız kırmızı boya ile yapılan boyama sonucunda K/S değeri yüksek iken % 3 katkı maddesi kullanılan kırmızı boyalarda her 3 kimyasal için de renk veriminde düşüş gözlenmiştir. % 2 katkı maddeli yapılan boyamalarda ise çinko oksit ve çinko borat kullanılanlarda düşüş devam etmiştir. % 1' lik gümüş nitrat ve çinko borat kullanılarak yapılan boyamalarda değişme olmamış fakat % 1 ve % 0,5 çinko oksit katkı maddesi olan boyamalarda düşüş sürmüştür.



Şekil 6.3. Denactive navy blue için K/S renk verimi sonuçları

Şekil 6.3' de mavi reaktif boya için K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. Katkısız mavi boya ile yapılan boyama sonucunda antibakteriyel ilavesiz olan boyama sonucu 7,46 iken % 3 katkı maddesi kullanılan mavi boyalarda özellikle çinko oksit kullanılanlarda renk veriminde düşüş gözlenmiştir ve çinko oksitte bu düşüş % 2' de de devam etmiştir. % 2 antibakteriyel ilaveli yapılan boyamalarda ise çinko oksit ve çinko borat kullanılanlarda düşüş devam etmiş fakat gümüş nitrat kullanılan mavi boyanın renk verimi çok iyi çıkmıştır. % 1 katkılı olanlarda çinko borat ve gümüş nitratta düşüş, çinko oksitte ise artış gözlenmiştir. % 0,5' de ise tam tersi çinko borat ve gümüş nitrat artarken çinko oksit düşüş göstermiştir fakat bu düşüş yinede katkısız olandan daha iyi bir renk verimi göstermektedir.

Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3' deki boyanmış kumaşlara ait K/S renk verimi sonuçlarına göre; gümüş uygulamasında, katkısız boyanmış kumaşa göre renk verimi düşüşü gözlenirken, çinko uygulaması olan örneklerde renk verimi artışı olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak antibakteriyel ilaveli kumaş yüzeyine yayılmış olan metal partiküllerin renk ölçümünde ışığın yüzeyden yansıma özelliğini değiştirmesi olarak görülmektedir. Genel olarak boyamada kullanılan antibakteriyel kimyasal ilavesi, antibakteriyelliği sağlaması yanında boyama veriminde de artış sağlamıştır.

6.3. CIE L*, a*, b* Renk Koordinatları

Boyalı kumaşlara ait renk ölçümlerine ait CIE L*, a*, b* renk koordinatları Çizelge 6.4' de verilmiştir. Çizelgede sarı boya S. ile, kırmızı boya K. ile ve mavi boya da M. ile gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Boyanmış kumaşlara ait renk koordinatları

Boya	Renk koor.	Katkısız	ZnO				AgNO ₃				ZnB			
			%0,5	%1	%2	%3	%0,5	%1	%2	%3	%0,5	%1	%2	%3
S.	L	75,3	68,8	48,9	71,3	74,2	67,4	67,4	67,2	67,4	70,5	70,1	71,9	71,4
	a	25,1	19,4	51,2	19,1	21,1	21,6	19,6	20,9	15,5	17,3	18,4	16,9	21,3
	b	68,1	66,0	-7,9	61,9	63,4	66,2	62,8	65,4	49,2	63,6	62,4	60,2	63,2
M.	L	38,2	38,6	37,4	41,7	42,9	37,8	41	37,8	38,9	37,3	39,5	39,7	39,8
	a	-6,1	-6,6	-5,8	-6,5	-6,6	-6,5	-6,8	-6,1	-6,2	-6,3	-6,0	-6,2	-6,2
	b	-17,8	-18,3	-18,2	-18	-17,8	-17,6	-16,5	-17,6	-16,3	-18,2	-17,8	-18,3	-17,6
K.	L	48	50,0	71,8	48,5	50,8	47,6	46,3	47,6	46,4	47,3	48,5	47,6	49,8
	a	54,3	48,8	15,8	51,2	50,9	49,9	50,3	50,8	46,1	51,6	51,1	52,5	51,9
	b	-5,5	-8,7	59,5	-7,9	-7,2	-7,1	-7,9	-6,9	-7,7	-7,5	-8,2	-7,5	-7,4

Çizelge 6.4' de antibakteriyel ilaveli ve antibakteriyel ilavesiz kumaşların CIE Lab renk koordinatları göstermektedir. Sarı reaktif boya için sonuçlar değerlendirildiğinde; % 1 çinko oksit uygulaması sonucunda özellikle L değerini düşürdüğü, diğer uygulamalarda L değerinin antibakteriyel ilavesiz kumaşla yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. A ekseninde ise % 1 çinko oksit uygulanan kumaşta artış gözlenmiş, diğer uygulamalarda ise önemsiz sayılabilecek azalmalar gözlenmiştir. B ekseninde yine % 1 çinko oksit uygulanan kumaşta ve % 3 gümüş nitrat uygulanan kumaşta azalma gözlenmiş, diğer uygulamaların antibakteriyel ilavesiz olanla yakın değerler verdiği gözlenmiştir.

Çizelge 6.4' de mavi reaktif boya için CIE Lab renk koordinatlarının L, a ve b değerleri antibakteriyel ilaveli ve ilavesiz olarak boyanan kumaşların değerleri ile yakın değerler vermiştir.

Çizelge 6.4' de kırmızı reaktif boya ile boyanan kumaşlarda ise % 1 çinko oksit kullanılan boyama sonuçlarında L değeri ve b değerinde artma, a değerinde ise azalma gözlenmiştir. Diğer sonuçların kendi içerisinde tutarlı oldukları gözlenmiştir.

6.4. Çekim Yüzdesi

Çekim yüzdeleri zamana göre belirlemek için yapılan deneysel çalışmada reaktif boyarmaddelerimiz kırmızı, sarı ve mavi kullanılmıştır. Öncelikle konsantrasyonları bilinen çözeltilerle her boya için ayrı ayrı kalibrasyon şekilleri elde edilmiş ve bu şekiller EK 1' de gösterilmiştir. Boyama makinesinden her 10 dakikada her boya için ayrı ayrı çözeltiler alınarak seyreltilip UV-Spektrofotometresinde absorbans değerleri okunmuştur. Reaktif boyalar için maksimum dalga boyları; denactive red boyası için $\lambda_{\max} = 543$ nm, denactive navy blue reaktif boyası için $\lambda_{\max} = 604$ nm, denactive yellow reaktif boyası için $\lambda_{\max} = 525$ nm Bu değerlere göre çizilen zamana karşı çekim şekli Şekil 6.5' de, çizelgeleri ise Çizelge 6.5, 6.6 ve 6.7 olarak aşağıda gösterilmiştir. Çekim yüzdesini hesaplamak için şu formül kullanılmıştır:

$$\% E = 100 \times (C_i - C_s) / C_i \quad (6.1)$$

Burada; %E: Çekim yüzdesi, C_i : İlk çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/l), C_s : Son çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/l) olarak tanımlanmaktadır.

Reaktif boyalar için % çekim, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.5, 6.6 ve 6.7' de gösterilmiştir. Boyamada çekim yüzdesini belirlemek için yapılan deneyler 2 kere tekrarlanmış ve ortalama sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 6.5. Denactive navy blue için boyama çekiminin zamanla değişimi

T (°C)	t (dk)	C _i (başlangıç kons.)	C _s (son kons.)	% çekim
20	10	0,01	0,00672	32,8
30	20	0,01	0,00665	33,5
40	30	0,01	0,00183	81,7
50	40	0,01	0,00117	88,3
60	50	0,01	0,00119	88,1
70	60	0,01	0,00117	88,3

Çizelge 6.5 'de verilen sonuçlar incelendiğinde mavi reaktif boya için ilk 20 dakikalık bölümde, banyoda ki mavi boyanın yaklaşık %33,5 inin, absorblandığı gözlenmektedir. 30. dakikada ve 40°C' de mavi boyanın çekim yüzdesinin % 81' e kadar arttığı ve bundan sonraki 10' ar dakikalık zaman dilimlerinde ve 10' ar derecelik sıcaklık artışlarında % 7' lik bir artış olduğu gözlenmiştir. Bu artışın 50 ve 60. dakikalarda da % 88 çekim yüzdesinde sabit kaldığı görülmektedir. Çekim yüzdesi sonuçları değerlendirildiğinde mavi reaktif boya için yaklaşık 40 dakika ve 50°C sıcaklığın maksimum absorblama için yeterli olduğu görülmektedir. Yüksek sıcaklık ve uzun zaman aralıkları mavi boya için sonucu değiştirmemekte aksine maliyeti arttırmaktadır.

Denactive yellow reaktif boyası için % çekim, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Denactive yellow için boyama çekiminin zamanla değişimi

T (°C)	t (dk)	C _i (başlangıç kons.)	C _s (son kons.)	% çekim
20	10	0,01	0,00333	66,7
30	20	0,01	0,00175	82,5
40	30	0,01	0,00163	83,7
50	40	0,01	0,00162	83,8
60	50	0,01	0,00150	85,0
70	60	0,01	0,00158	84,2

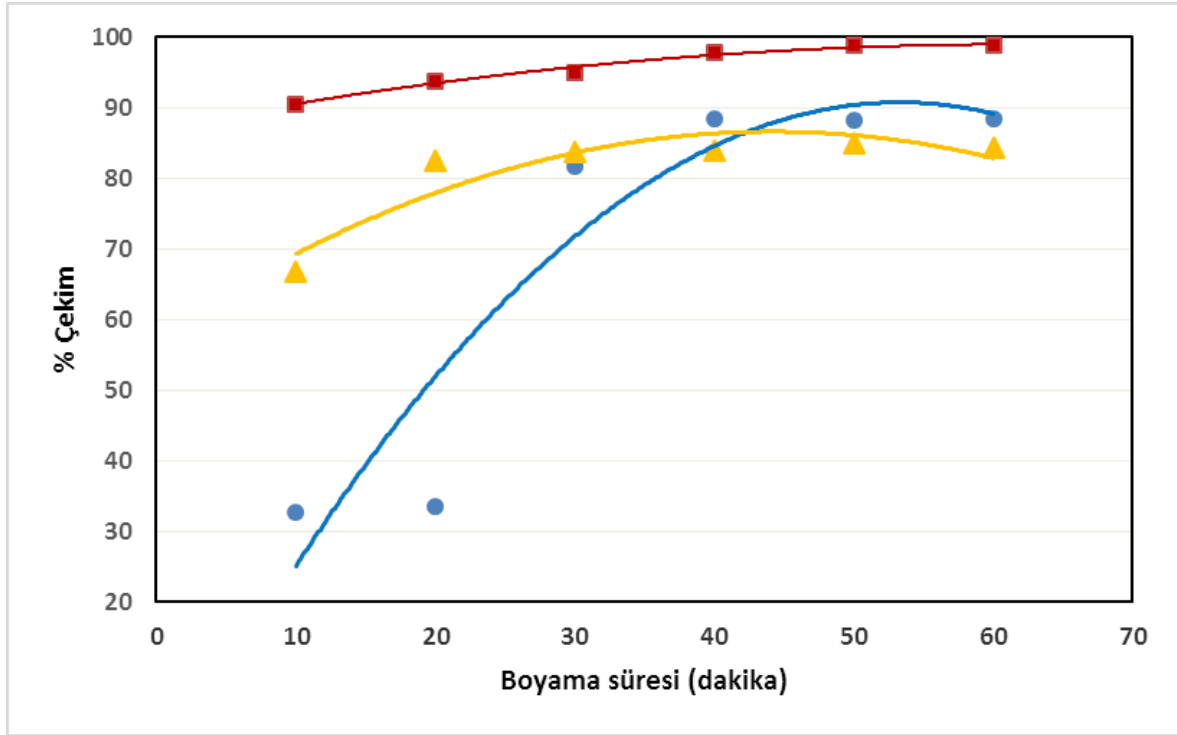
Çizelge 6.6 'da verilen sonuçlar incelendiğinde sarı reaktif boya için ilk 10 dakikalık bölümde, banyoda ki sarı boyanın yaklaşık % 66 sının, 10 ile 30 dakika aralığında ise bu oranın % 17 artıp yaklaşık % 83 sarı boyanın absorblandığı gözlenmektedir. 40. dakikada ve 40°C' de sarı boyanın çekim yüzdesinin sabit kaldığı, sonraki zaman dilimlerinde ise %1 lik artış olduğu yine yaklaşık % 84 çekim yüzdesinde sabit kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre sarı reaktif boya için yaklaşık 40 dakika ve 50°C sıcaklığın absorblamada sabit değere gelmesi için yeterlidir. Sarı boya için elde edilen absorblama çekim yüzdesi maviye göre daha düşük çıkmıştır. Bunun sonucu olarak sarı boyanın absorblanması için mavi boyaya göre daha yüksek sıcaklık ve zamana ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Denactive red reaktif boyası için % çekim, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Denactive red için boyama çekiminin zamanla değişimi

T (°C)	t (dk)	C _i (başlangıç kons.)	C _s (son kons.)	% çekim
20	10	0,01	0,00095	90,5
30	20	0,01	0,00063	93,7
40	30	0,01	0,00050	95,0
50	40	0,01	0,00023	97,7
60	50	0,01	0,00012	98,8
70	60	0,01	0,00013	98,7

Çizelge 6.7’ de verilen sonuçlar incelendiğinde kırmızı reaktif boya için ilk 10 dakikalık bölümde, banyoda ki kırmızı boyanın yaklaşık % 90 oranında absorblandığını görmekteyiz. 10 ile 40 dakika aralığında ve maksimum 50°C sıcaklıkta bu oran yaklaşık % 98 çekim yüzdesine ulaşmıştır. Sonraki zaman aralıklarında ise bu çekim yüzdesinde sabit kalmıştır. 40- 50. dakikalarda kırmızı boyanın maksimum miktarı absorblanmıştır. Çekim yüzdesi sonuçlarına göre kırmızı reaktif boya için yaklaşık 40 dakika ve 50°C sıcaklığın absorblamada sabit değere gelmesi için yeterli olduğu düşünülmektedir. Her üç boya için de yaklaşık 50 dakika ve 50°C sıcaklık yeterli olmaktadır. Bu sonuçlar boyama prosesinin enerji maliyeti açısından avantaj sağlamaktadır. Her üç boya için boyama çekiminin zamana göre değişimi Şekil 6.4’ de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Kırmızı, mavi ve sarı için boyama çekiminin zamanla değişimi

Şekil 6.4 incelendiğinde; boyamada kullanılan 3 reaktif boyarmaddeyi kıyasladığımızda en düşük çekim oranını sarı boyanın sonra mavi ve en yüksek çekim yüzdesini ise kırmızı boyanın verdiğini görmekteyiz. Boyama makinesinde geçen süre olarak ise sarı ve mavi reaktif boyalarda kırmızı reaktif boyaya göre ilk dakikalarda daha düşük bir absorblama olmuştur. Kırmızı boyada ise ilk dakikalarda hızlı bir çekim olmuş daha sonra bu değer sabit olarak devam etmiştir. Genel olarak boyama koyuluğu arttıkça boyarmaddenin lifler tarafından alınma hızı azalmaktadır [47].

6.5. Fikse Yüzdesi

Fikse yüzdeleri belirlemek için çekim yüzdelerinde yapılan deneysel çalışmalar yapılmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\%F = 100 \times (C_i - C_s - C_u) / C_i \quad (6.2)$$

Burada; % F: Fikse yüzdesi, C_i : İlk çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/l), C_s : Son çözeltide bulunan boyarmadde konsantrasyonu (g/l), C_u : Yıkamayla uzaklaştırılan boyarmadde konsantrasyonu (g/l) olarak tanımlanmaktadır.

Denactive navy blue, reaktif boyası için % fikse, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.8’ de gösterilmiştir. Bu Çizelgeye göre ilk 30 dakikada ve 40°C’ de % 70,3 fikse oranına yükseldiği sonraki 10 dakikada ve 40°C’ de bu oranın % 8 artıp % 78,3 fikse oranına ulaştığı gözlenmiştir. 70°C ve 60 dakikada yüzde değişmemiş ve % 78’ de sabit kalmıştır.

Çizelge 6.8. Denactive navy blue için fikse yüzdesi

T (°C)	t (dk)	C _i	C _s	C _u	% fikse
20	10	0,01	0,00672	0,00102	22,6
30	20	0,01	0,00665	0,00030	30,5
40	30	0,01	0,00183	0,00114	70,3
50	40	0,01	0,00117	0,00100	78,3
60	50	0,01	0,00119	0,00102	77,9
70	60	0,01	0,00117	0,00102	78,1

Denactive yellow reaktif boyası için % fikse, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.9’ da gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre ilk 10 dakikada fikse yüzdesi 22,6, 20. dakikada 30,5 olup 30. dakikada % 73,5’e yükselmiştir. 40. dakikada ve 50°C’ de % 74 fikse yüzdesine ulaşmış ve bu değerinde sabit kalmıştır.

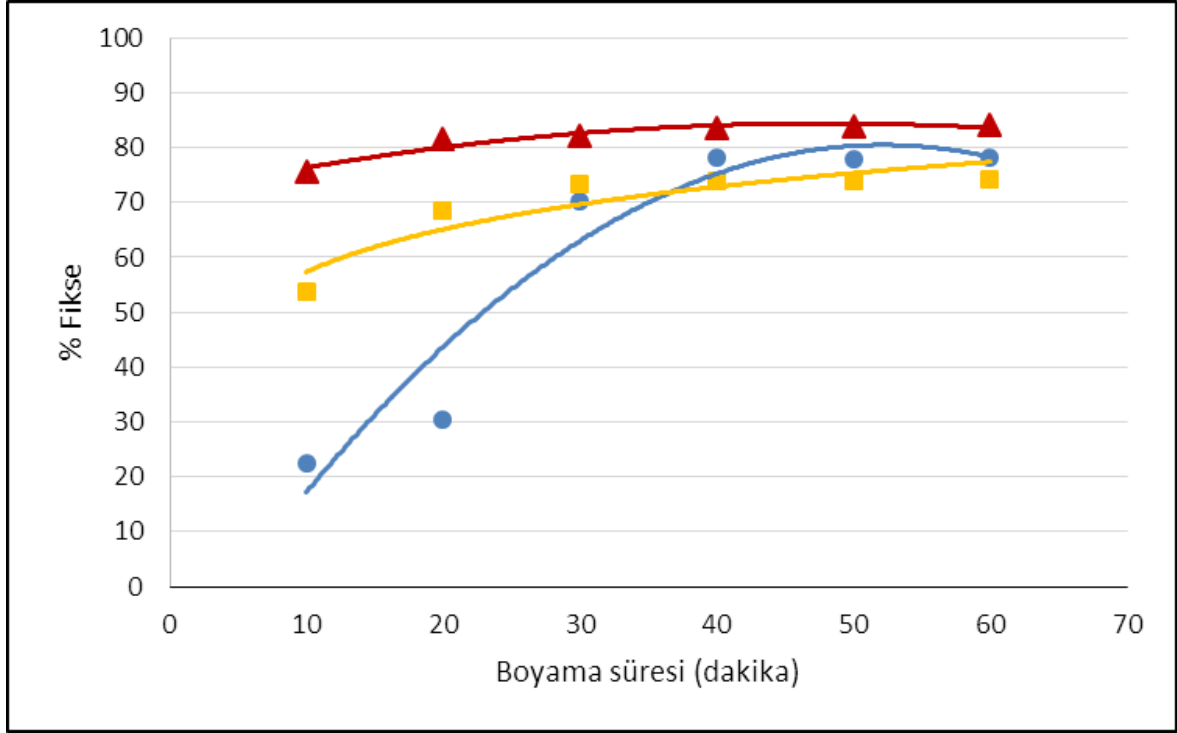
Çizelge 6.9. Denactive yellow için fiske yüzdesi

T (°C)	t (dk)	C _i	C _s	C _u	% fiske
20	10	0,01	0,00333	0,00130	53,7
30	20	0,01	0,00175	0,00139	68,6
40	30	0,01	0,00163	0,00102	73,5
50	40	0,01	0,00162	0,00100	73,8
60	50	0,01	0,00150	0,00110	74,0
70	60	0,01	0,00158	0,00100	74,2

Denactive red reaktif boyası için % fiske, zaman, sıcaklık ve konsantrasyon çizelgesi Çizelge 6.10' de gösterilmiştir. Kırmızı reaktif boya için ilk 20 dakika ve 30°C' de % 82 fiske yüzdesine ulaşmıştır. Devam eden süreçte bu değer yaklaşık % 2 artmıştır. Kırmızı boyada % 82 fiske yüzdesi için 40°C ve 30 dakika yeterli olmaktadır. Her üç boya için boya için fiske yüzdesinin zamana göre değişimi Şekil 6.5' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. Denactive red için fiske yüzdesi

T (°C)	t (dk)	C _i	C _s	C _u	% fiske
20	10	0,01	0,00095	0,00150	75,5
30	20	0,01	0,00063	0,00120	81,7
40	30	0,01	0,00050	0,00127	82,3
50	40	0,01	0,00023	0,00140	83,7
60	50	0,01	0,00012	0,00150	83,8
70	60	0,01	0,00013	0,00146	84,1



Şekil 6.5. Kırmızı, mavi ve sarı için fikse yüzdesinin zamanla değişimi

Şekil 6.5’ de 3 farklı renk için fikse yüzdesine karşılık boyama süresi gösterilmiştir. 3 boya da yaklaşık % 80 fikse yüzdesine ulaşmıştır. Fakat kırmızı en kısa sürede ve en düşük sıcaklıkta, sarı boya 40 dakika ve 50°C’ lik bir sıcaklıkta ve son olarak da mavi boya 60°C ve 50 dakikada fikse yüzdesini sabitlemişlerdir.

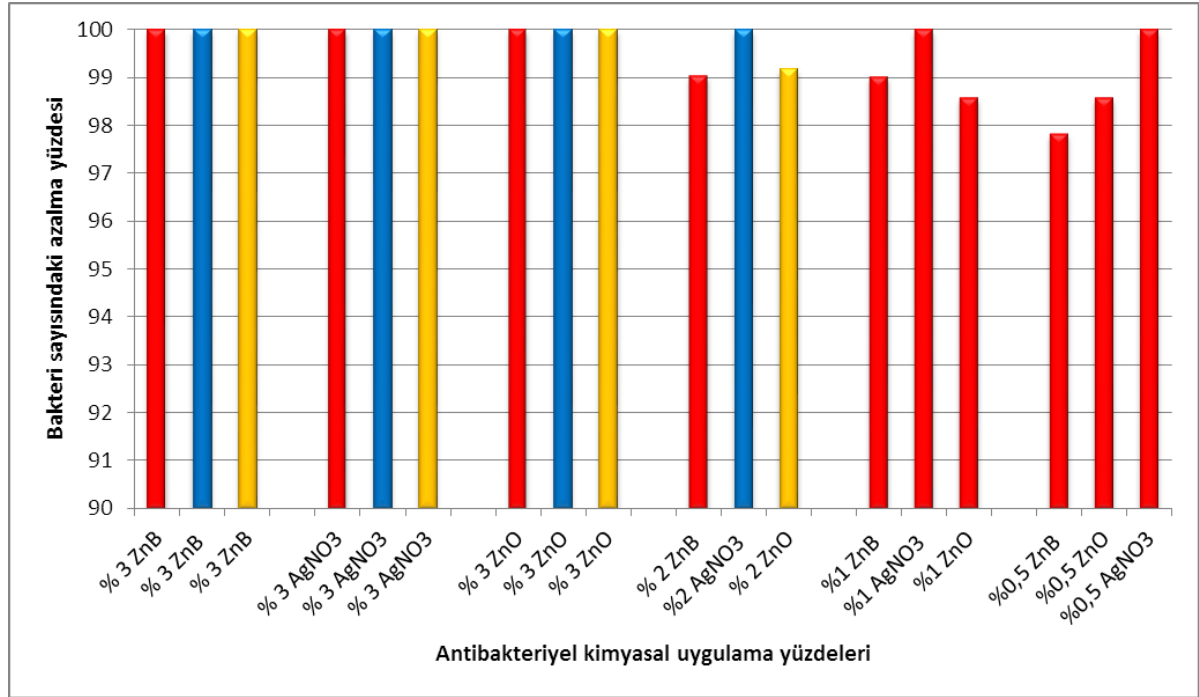
6.6. Antibakteriyel Aktivite

Antibakteriyel aktivite için yapılan çalışmalarda öncelikle; % 3 oranında çinko borat, gümüş nitrat ve çinko oksit kullanılarak kumaşlar boyanmış sonrasında, *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite testleri yapılmıştır. % 3 oranında yüksek başarı sağlanınca % 2, % 1 ve % 0,5 oranları her renk ve her kimyasal için tek tek denenmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı elde edilen sonuçlar çizelge ve şekiller halinde aşağıda verilmiştir. Antibakteriyel aktivite testleri 37°C ve 3 saat süresince yapılmıştır. Çizelge 6.11’de *E.coli* bakterisi için, başlangıç bakteri sayısı, 3 saat sonraki bakteri sayısı ve düşüş yüzdesi sayısal verilerle gösterilmiştir. Şekil 6.6’ da ise düşüş yüzdesi verilerinin renklere göre grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 6.11. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için *Escherichia coli* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Den.Red Den.Yellow Den.Blue	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL) *10 ⁶	3 saat sonra bakteri sayısı (adet/ml)*10 ⁶	Düşüş (%)
Katkısız Den.Red	8,1	12,3	-
Katkısız Den.Blue	7,7	11,0	-
Katkısız Den.Yellow	9,2	13,2	-
%3 ZnB kırmızı	8,2	0,0	100,0
%3 AgNO ₃ kırmızı	7,3	0,0	100,0
%3 ZnO kırmızı	6,3	0	100,0
%3 ZnB mavi	6,6	0	100,0
%3 AgNO ₃ mavi	9,0	0	100,0
%3 ZnO mavi	7,3	0	100,0
%3 ZnB sarı	8,7	0	100,0
%3 AgNO ₃ sarı	6,2	0	100,0
%3 ZnO sarı	8,2	0	100,0
%2 ZnB kırmızı	4,2	0,04	99,1
%2 ZnO kırmızı	3,7	0,03	99,2
%2 AgNO ₃ kırmızı	5,1	0	100,0
%1 ZnB kırmızı	4,0	0,04	99,0
%1 ZnO kırmızı	4,2	0,06	98,6
%1 AgNO ₃ kırmızı	7,1	0	100,0
%0,5 ZnB kırmızı	3,7	0,08	97,8
%0,5 ZnO kırmızı	4,2	0,06	98,6
%0,5 AgNO ₃ kırmızı	5,0	0	100,0

Not: Antibakteriyel aktivite belirlemek için kullanılan kimyasalların yüzdesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.



Şekil 6.6. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için *Escherichia coli* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

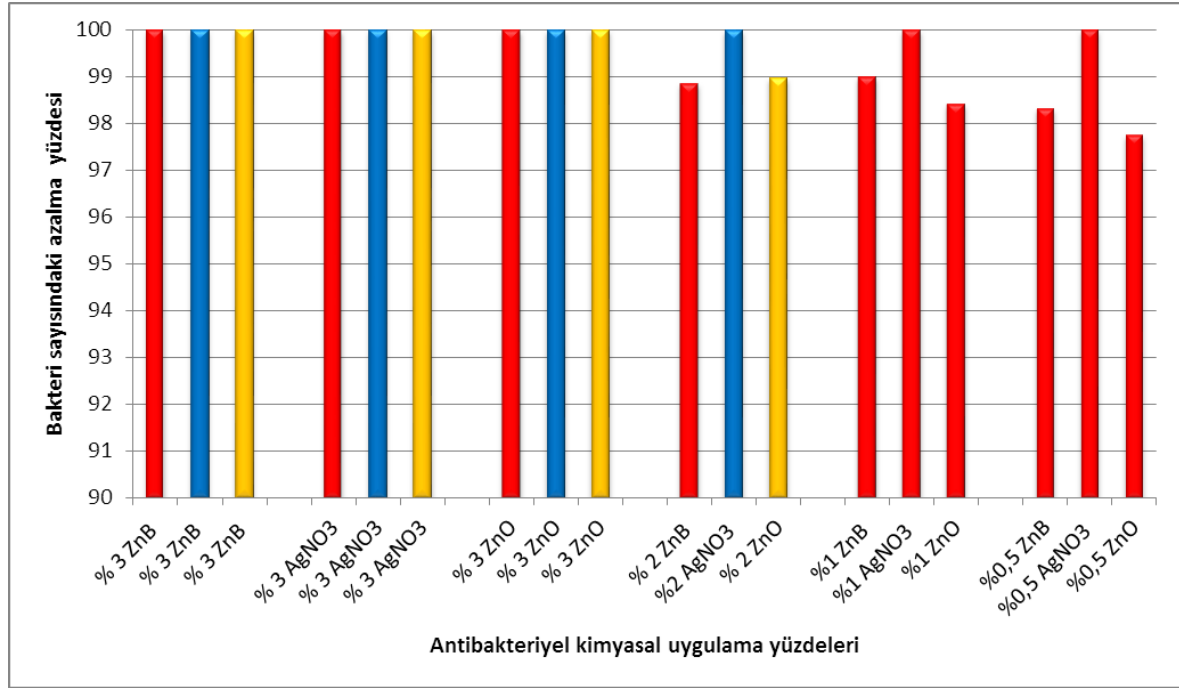
Çizelge 6.11 ve Şekil 6.6 değerlendirilirse; *E. coli* bakterisi için yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde antibakteriyel kimyasal ilavesi olmadan boyanan 3 renk için de 3. saatin sonunda artış gözlenmiştir. Çizelge 6.11’ de bakterilerin başlangıç sayısı, 3 saat sonraki sayısı ve yüzde olarak düşüş gösterilmektedir. Bu çizelgeye göre antibakteriyel kimyasallar çinko oksit, gümüş nitrat ve çinko borat kullanıldığı zaman her 3 renkte de hepsinde yaklaşık % 100 düşme gözlenmiştir. İlk yapılan deneyler % 3 oranında yapılmıştır, sonuçlar değerlendirildiğinde bu oran kademe kademe azaltılmış ve % 2, % 1 ve % 0,5 oranları da denenmiştir. Sonuçlar yinede değişmemiş % 0,5 antibakteriyel kimyasal oranında bile çinko borat için % 97,8, çinko oksit için % 98,5 ve gümüş nitrat için yine % 100 çıkmıştır.

% 3 antibakteriyel kimyasallar her 3 renk için de denendiğinde antibakteriyelliğin renkten bağımsız, kullanılan kimyasala bağımlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple yapılan deneylerden tek bir renk seçilip farklı yüzdelere için bakteri testleri yapılmıştır. Çizelge 6.12’ de *S.aureus* bakterisi için, başlangıç bakteri sayısı, 3 saat sonraki bakteri sayısı ve düşüş yüzdesi sayısal verilerle gösterilmiştir. Şekil 6.7’ de ise düşüş yüzdesi verilerinin renklere göre grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 6.12. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için *Staphylococcus aureus* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Den.Red Den.Yellow Den.Blue	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	3 saat sonra bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	Düşüş (%)
Katkısız Den.Red	7,2	13,3	-
Katkısız Den.Blue	4,1	12,9	-
Katkısız Den.Yellow	5,3	9,8	-
%3 ZnB sarı	9,0	0,0	100,0
%3 ZnB mavi	8,1	0,0	100,0
%3 ZnB kırmızı	9,2	0,0	100,0
%3 AgNO ₃ sarı	7,2	0,0	100,0
%3 AgNO ₃ kırmızı	6,2	0,0	100,0
%3 AgNO ₃ mavi	8,0	0,0	100,0
%3 ZnO mavi	10,1	0,0	100,0
%3 ZnO sarı	8,9	0,0	100,0
%3 ZnO kırmızı	7,0	0,0	100,0
%2 AgNO ₃ kırmızı	5,1	0,0	100,0
%2 ZnO kırmızı	3,9	0,04	98,9
%2 ZnB kırmızı	4,4	0,05	98,9
%1 AgNO ₃ kırmızı	4,0	0,0	100,0
%1 ZnO kırmızı	3,8	0,06	98,4
%1 ZnB kırmızı	5,0	0,05	99,0
%0,5 AgNO ₃ kırmızı	7,2	0,0	100,0
%0,5 ZnO kırmızı	4,0	0,09	97,8
%0,5 ZnB kırmızı	4,2	0,07	98,3

Not: Antibakteriyel aktivite belirlemek için kullanılan kimyasalların yüzdesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.



Şekil 6.7. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow reaktif boya ları için *Staphylococcus aureus* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Çizelge 6.12 değerlendirildiğinde antibakteriyel ilavesiz olan boyamalarda *S. aureus* bakterisi için de azalma olmamış aksine bakteri sayısında 3 saatin sonunda artış gözlenmiştir. Çizelge 6.12 ve Şekil 6.7 değerlendirilirse; *S. aureus* bakterisi için yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde antibakteriyel kimyasal kullanılan boyanmış kumaşlarda yüksek yüzdelerde düşüş gözlenmiştir. Yüzde düşüş olarak en yüksek % 100 ve en düşük % 0,5 oranında çinko oksitte % 97,75 olarak gözlenmiştir. % 3 antibakteriyel kimyasallar her 3 renk için de denendiğinde antibakteriyelliğin renkten bağımsız, kullanılan kimyasala bağımlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple yapılan deneylerden tek bir renk seçilip farklı yüzdelere için bakteri testleri yapılmıştır.

Çinkoya göre daha yüksek antibakteriyel özelliğe sahip olması ile bilinen gümüşün uygulama esnasında oksitlenerek renk değişimine neden olabilmektedir. Gümüş iyonu çinkoya göre daha pahalıdır, çinko maliyet açısından daha avantajlı olmasına rağmen bu doktora çalışmasında özellikle gümüş nitrat, çinko borat ve çinko oksit ile çalışarak avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. 2 bakteri çeşidi için de gümüşte beklenen düşüşler elde edilmiştir, fakat çinko oksit ve çinko boratın da gümüşle aynı oranda düşüş göstermesi umut vericidir. Antibakteriyel aktivite için yapılan çalışmada gümüş nitrat en iyi sonucu vermiş, 2. olarak çinko borat ve 3. ise çinko oksit olarak

belirlenmiştir. Fakat bu fark en çok % 2,25 çıkmıştır bu da maliyet hesabına bakıldığında tolere edilebilir bir yüzde olarak görülmektedir. Maliyet olarak bakıldığında, gümüş nitrat 228 TL/ 50 gr, çinko oksit 64 TL/1 kg, çinko borat 900 \$/ton (yaklaşık 2,7 TL/kg) olarak bulunmuştur [54,55]. Buna göre en ucuz çinko borat, daha sonra çinko oksit ve en pahalı da gümüş nitrat olarak belirlenmiştir. Çinko borat ucuz olmasının yanında antibakteriyel çalışmalarda da yüksek verim göstermesi nedeniyle tercih edilmektedir.

Çalışmalara ek olarak her 3 boya ve 3 antibakteriyel kimyasalın en düşük oranlarında boyanan kumaşlar da toplam bakteri sayımı yapılmıştır. Çizelge 6.13' de sarı reaktif boyası için % 0,5 oranında gümüş nitrat, mavi reaktif boyası için % 0,5 oranında çinko oksit ve kırmızı reaktif boyası için % 0,5 oranında çinko borat kullanılarak yapılan boyamalar için toplam bakteri testleri yapılmıştır. Bakteri ölçümleri 37⁰C sıcaklıkta ve 48 saat süresince yapılmıştır.

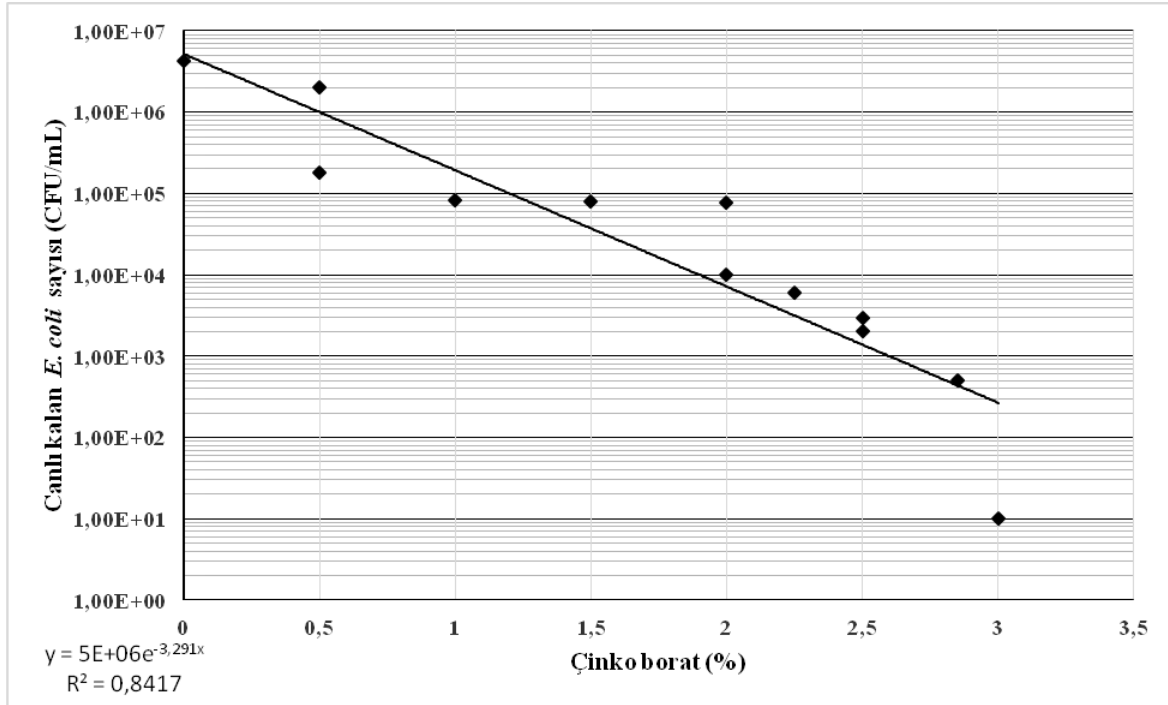
Çizelge 6.13. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için *Toplam bakteri* antibakteriyel aktivite sonuçları

Boyarmadde	Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasal madde	Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasal madde yüzdesi	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	48 saat sonra bakteri sayısı (adet/mL)*10 ³	Bakteri sayısındaki azalma yüzdesi
Den.Yellow	AgNO ₃	%0,5	12,2	0,24	99,9
Den.Blue	ZnO	%0,5	7,7	1,4	99,9
Den.Red	ZnB	%0,5	7,8	0,92	99,9

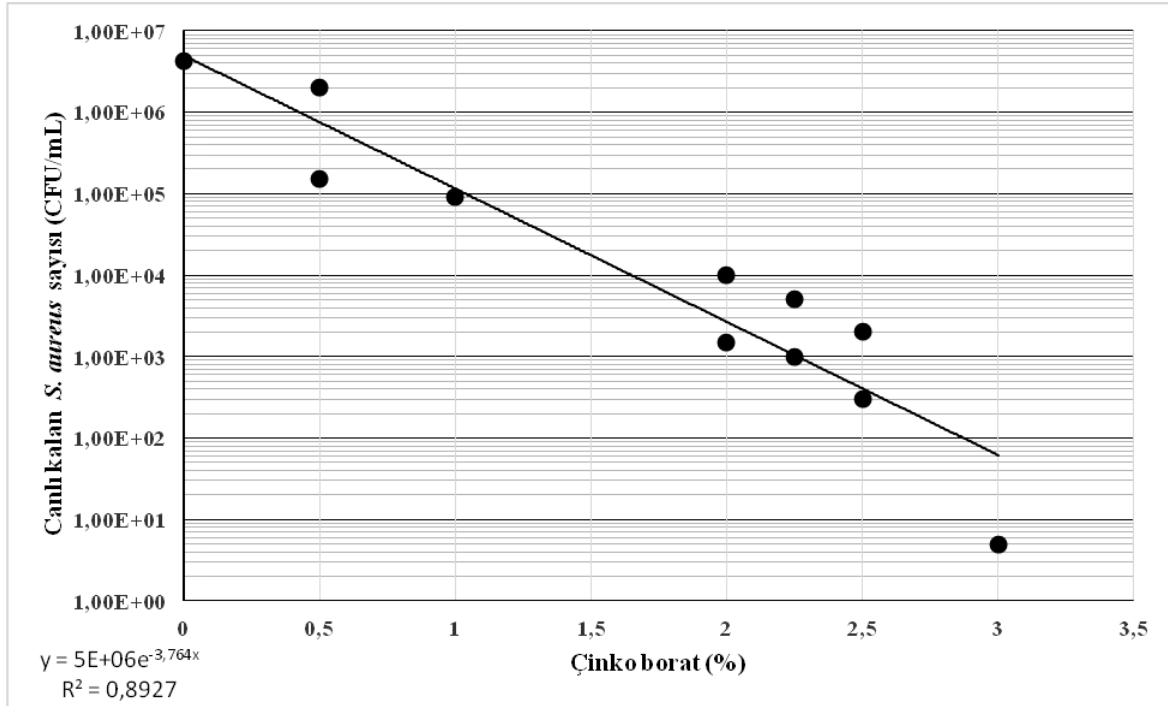
Çizelge 6.13' ye göre 3 farklı reaktif boya ve 3 farklı antibakteriyel kimyasalın en düşük yüzdelerde kullanılan oranlarında yapılan toplam bakteri sayımlarında; her 3 boya ve kimyasal için 48 saat sonra bakteri sayımında belirgin bir azalma olmuştur. Başlangıç bakteri sayısı ile 48 saat sonraki bakteri sayısı oranlanıp düşüş yüzdesi belirlendiğinde yine % 100' e yakın sonuçlar elde edilmiştir.

6.7. İnaktivasyon Kinetiği Simülasyonu

Bakterilerle yapılan antibakteriyel aktivite testi sonuçlarına dayanarak antibakteriyel aktiviteye kullanılan kimyasallara göre inaktivasyon kinetiği simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Yarı logaritmik olarak çizilen şekillerde canlı kalan bakteri sayısı ve kullanılan kimyasal yüzdesi verilmiştir. Bu çalışmalar şekiller halinde aşağıda gösterilmiştir. Şekil 6.8’ de çinko borat ilavesiyle *E.coli* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu grafiği gösterilmiştir. Şekil 6.9’ da ise çinko borat ilavesiyle *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu grafiği gösterilmiştir.



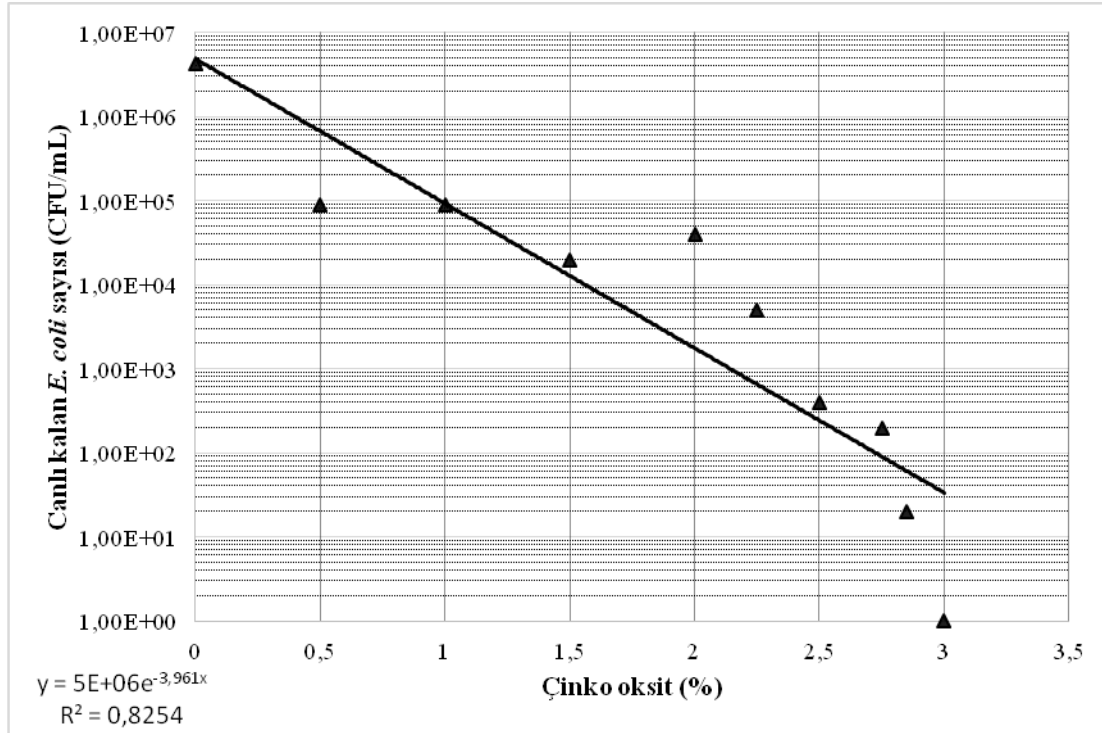
Şekil 6.8. Çinko borat ilavesiyle *E.coli* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu



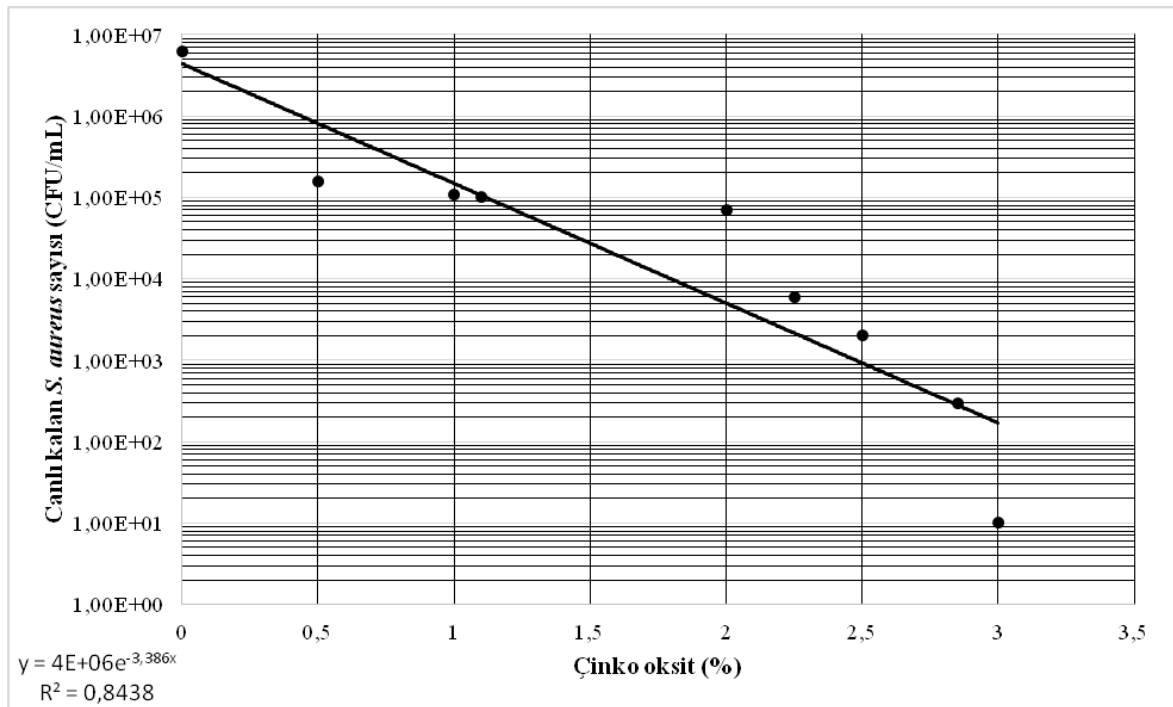
Şekil 6.9. Çinko borat ilavesiyle *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu

Şekil 6.8 ve 6.9 değerlendirilirse çinko borat antibakteriyel kimyasalı için her iki bakteri çeşidi için de canlı kalan bakteri sayısı değişik yüzdelerde hemen hemen aynıdır. Antibakteriyel ilavesiz olan boyama sonucunda 3 saatin sonunda bakteri sayısında artış gözlenirken, çinko borat eklendikten sonraki boyamaların sonuçlarında ciddi bir düşüş gözlenmektedir.

Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’ de çinko oksit ilavesiyle *E.coli* ve *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu grafikleri gösterilmektedir.



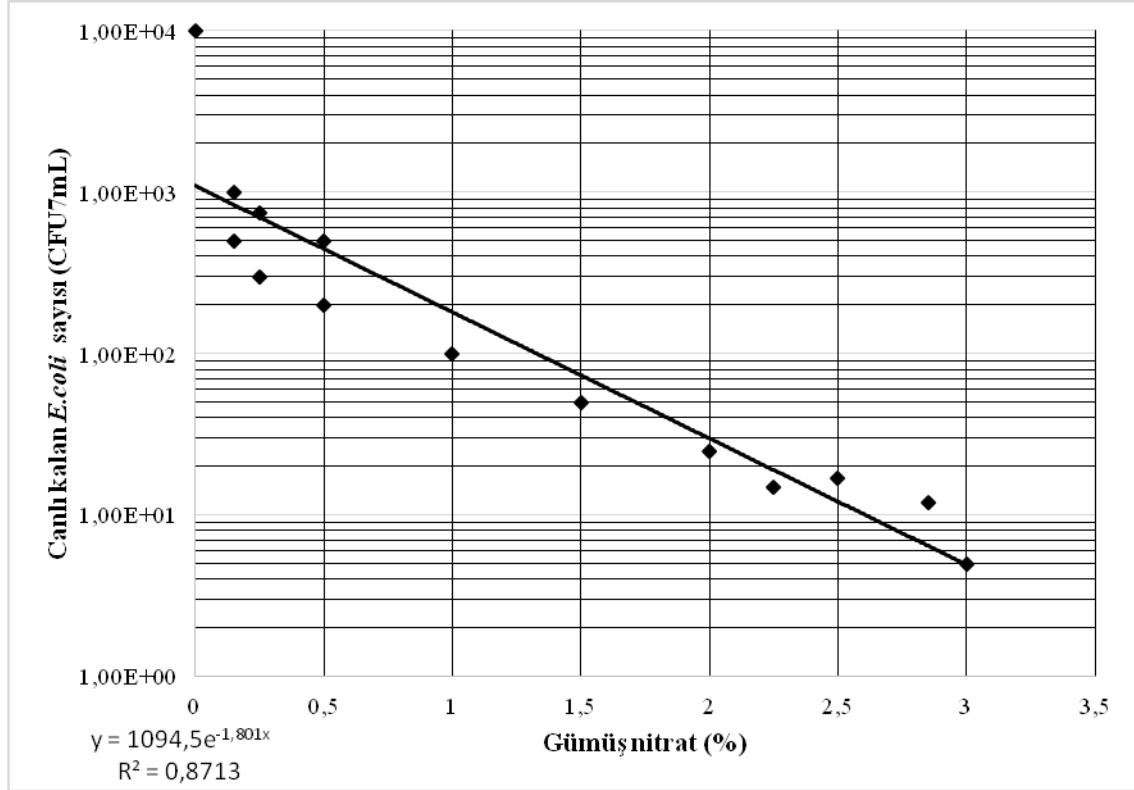
Şekil 6.10. Çinko oksit ilavesiyle *E. coli* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu



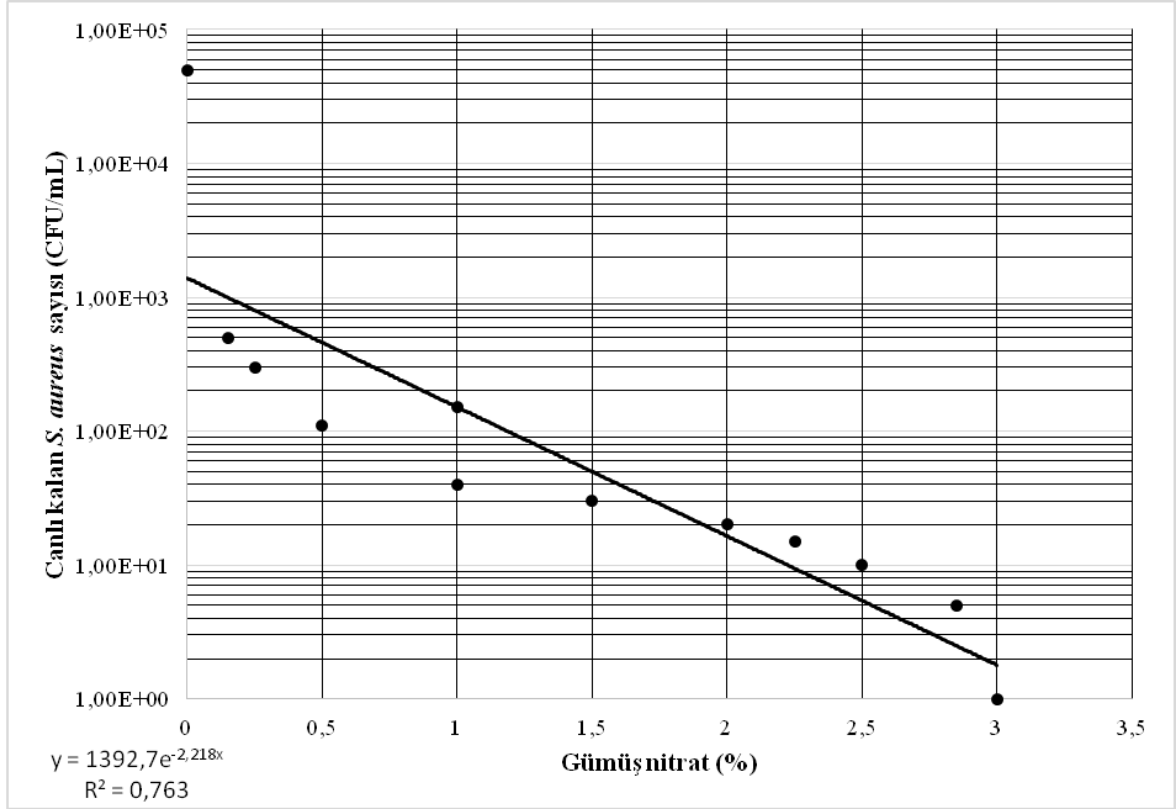
Şekil 6.11. Çinko oksit ilavesiyle *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu

Şekil 6.10 ve 6.11 değerlendirilirse çinko oksit antibakteriyel kimyasalı için her iki bakteri çeşidi için de canlı kalan bakteri sayısı değişik yüzdelerde hemen hemen aynıdır.

Antibakteriyel ilavesiz olan boyama sonucunda 3 saatin sonunda bakteri sayısında artış gözlenirken, çinko oksit eklendikten sonraki boyamaların sonuçlarında ciddi bir düşüş gözlenmektedir. Şekil 6.12 ve Şekil 6.13’ de gümüş nitrat ilavesiyle *E.coli* ve *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 6.12. Gümüş nitrat ilavesiyle *E. coli* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu



Şekil 6.13. Gümüş nitrat ilavesiyle *S. aureus* bakterisi inaktivasyon kinetiği simülasyonu

Şekil 6.12 ve 6.13 değerlendirilirse gümüş nitrat antibakteriyel kimyasalı için her iki bakteri çeşidi için de canlı kalan bakteri sayısı değişik yüzdelerde hemen hemen aynıdır. Antibakteriyel ilavesiz olan boyama sonucunda 3 saatin sonunda bakteri sayısında artış gözlenirken, gümüş nitrat eklendikten sonraki boyamaların sonuçlarında ciddi bir düşüş gözlenmektedir.

Gümüş nitrat kullanılarak yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde Şekillerden de görüldüğü üzere çinko borat ve çinko oksitten daha düşük yüzdelerde daha iyi verim elde edilmiştir. Gümüş nitrat kullanılarak yapılan deneylerde % 0,5 de bile % 100 bakteri düşüşü gözlenmiştir.

6.8. On Kez Yıkanmış Kumaşlarda Haslık

Boyama yapıp kurutulan kumaş numunelerinin yıkama sonrası haslık testlerini değerlendirmek üzere, kumaşlar tekrarlı 10 kez yıkama yapılarak haslık testleri tekrarlanmıştır. Yıkamalar TS EN ISO 105-06 standartına göre deterjansız olarak sadece suyla yapılmıştır [57].

Çizelge 6.14, 6.15, ve 6.16’ da katkılı ve katkısız olarak boyanan kumaş numunelerinin tekrarlı 10 yıkama sonrası haslık sonuçları verilmiştir. Sırasıyla Denactive red, denactive navy blue ve denactive yellow için elde edilen yıkama ve ışık haslıkları değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.14. Denactive red brn için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları

SETLER	YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	5/5	4/5	5
%3 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	4/5
%3 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	4/5
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4/5
%2 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5
%2 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4
%1 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5
%1 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	4
%1 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5
%0,5 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	5
%0,5 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5

Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

Çizelge 6.14’ deki sonuçlara göre; denactive red reaktif boyası kullanılarak boyanan ve boyama sonrasında tekrarlı 10 kez yıkanan kumaş numunelerinin yıkama haslığı sonuçlarında 10 kez yıkanmamış kumaş numunelerine göre fark gözlenmemiş aynı sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 6.1’ de yapılan yıkama haslığı değerlendirmesini Çizelge 6.14 yıkama haslığı sonuçları için de yapabiliriz.

Çizelge 6.14’ deki sonuçlara göre; ışık haslığı solmaya karşı dayanma olarak da ifade edilebilir. 10 kez yıkama sonucu ışık haslıklarında düşüş olmamış aksine birkaç tanesinde hafif yükselmeler gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında kırmızı reaktif boya için yıkama işleminin kumaşın haslık değerlerine olumsuz bir etki yarattığını söyleyemeyiz.

Çizelge 6.15. Denactive navy blue için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları

	YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
SETLER	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	5/5	4/5	4/5
%3 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	4/5
%3 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	3
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4
%2 Çinko borat katkılı	4/5	4/5	4
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	4
%2 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4/5
%1 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	4
%1 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	3
%1 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4
%0,5 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	4
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	4
%0,5 Çinko oksit katkılı	4/5	4/5	4

Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

Çizelge 6.15’ deki sonuçlara göre; denactive navy blue reaktif boyası kullanılarak boyanan ve boyama sonrasında tekrarlı 10 kez yıkanan kumaş numunelerinin yıkama haslığı sonuçlarında 10 kez yıkanmamış kumaş numunelerine göre fark gözlenmemiş aynı sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 6.2’ de yapılan yıkama haslığı değerlendirmesini Çizelge 6.15 yıkama haslığı sonuçları için de yapabiliriz. 10 kez yıkama sonucu ışık haslıklarında düşüş olmamış aksine birkaç tanesinde hafif yükselmeler gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında mavi reaktif boya için yıkama işleminin kumaşın haslık değerlerine olumsuz bir etki yarattığını söyleyemeyiz.

Çizelge 6.16. Denactive yellow için 10 kez yıkanmış kumaş haslıkları

	YIKAMA HASLIĞI		IŞIK HASLIĞI
SETLER	AKMA	LEKELEME	RENK SOLMASI
Katkısız	5/5	4/5	5
%3 Çinko borat katkılı	5/5	4/5	5
%3 Gümüş nitrat katkılı	5	4/5	3
%3 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	4
%2 Çinko borat katkılı	5	4/5	5
%2 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	3
%2 Çinko oksit katkılı	5	4	4
%1 Çinko borat katkılı	5	4/5	5
%1 Gümüş nitrat katkılı	5	4	3
%1 Çinko oksit katkılı	5	4/5	4/5
%0,5 Çinko borat katkılı	5	4/5	5
%0,5 Gümüş nitrat katkılı	5/5	4/5	3
%0,5 Çinko oksit katkılı	5/5	4/5	5

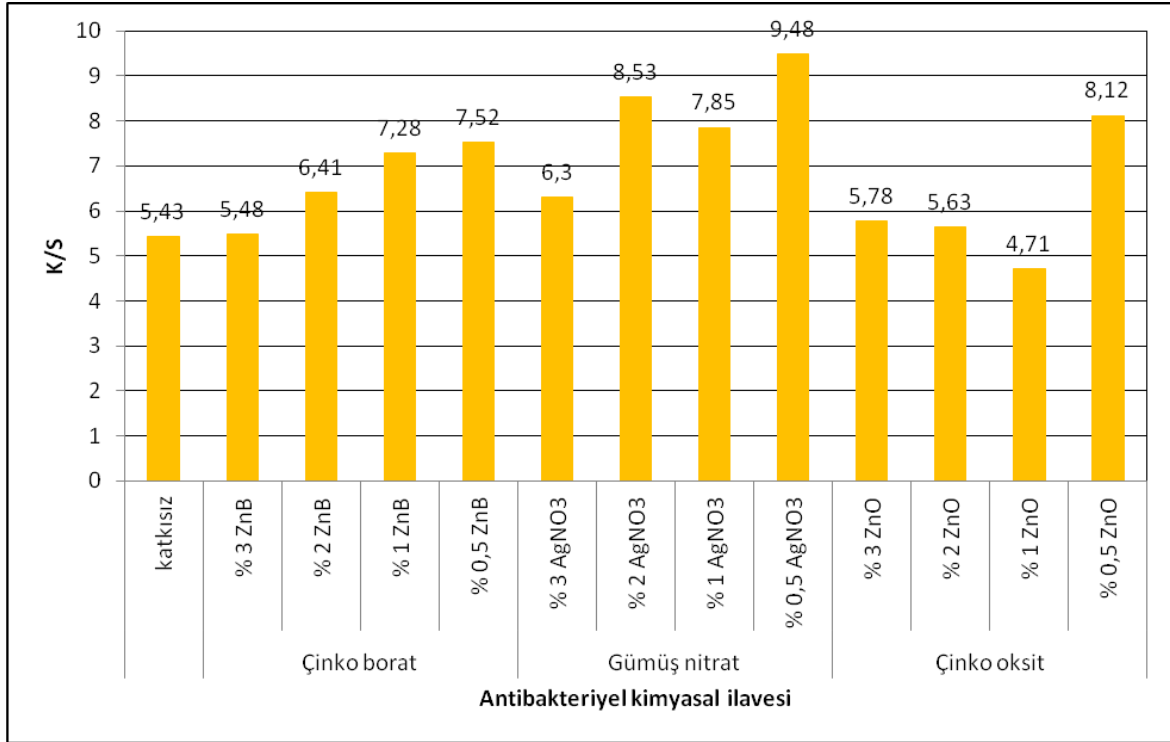
Not: Çizelgede gösterilen sonuçlara göre; 5: en yüksek haslık, 4/5: 5 ile 4 arasında bir haslık değeri, 3/4: 4 ile 3 arasında bir haslık değeri, 1 ise düşük haslık değeridir.

Çizelge 6.16' daki sonuçlara göre; denactive yellow reaktif boyası kullanılarak boyanan ve boyama sonrasında tekrarlı 10 kez yıkanan kumaş numunelerinin yıkama haslığı sonuçlarında 10 kez yıkanmamış kumaş numunelerine göre fark gözlenmemiş aynı sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.15' i kıyaslarsak yıkama haslığı sonuçları için % 3 gümüş nitrat kullanılan ve 10 kez yıkanan kumaşın akma haslığı 3' den 5' e artmıştır. Kumaş 10 kez yıkandığında renk sabitlenmiş ve akma daha az gözlenmiştir.

10 kez yıkama sonucu ışık haslıklarında düşüş olmamış aksine birkaç tanesinde hafif yükselmeler gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında sarı reaktif boya için yıkama işleminin kumaşın haslık değerlerine olumsuz bir etki yarattığını söyleyemeyiz.

6.9. On Kez Yıkanmış Kumaşların K/S Renk Verimi

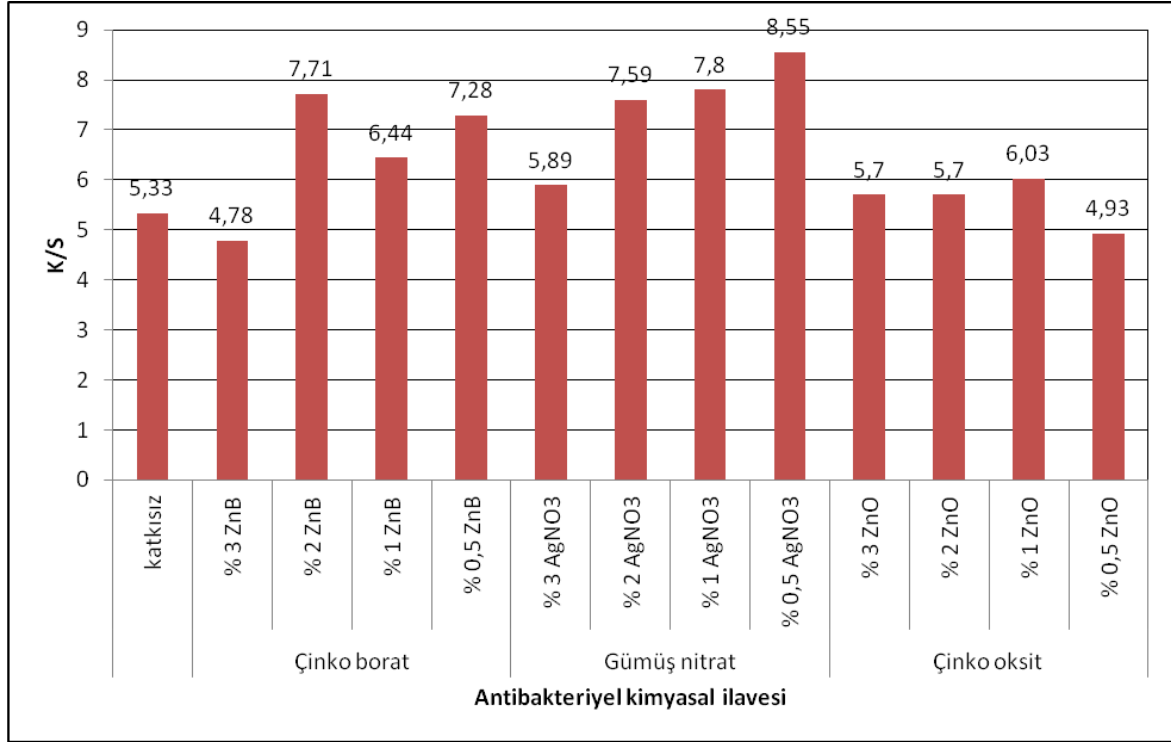
Şekil 6.13, 6.14 ve 6.15 'de 10 kez yıkanan katkılı ve katkısız boyanan kumaşlar için K/S renk verimi sonuçları verilmiştir. K/S değerinin yüksek olması boyanan yüzeyde elde edilen rengin koyulaşması anlamına gelmektedir. Rengin koyulaşması ise boyama işlemi açısından boyama veriminin yüksek olması ya da lif tarafından alınan boya miktarının fazla olması anlamına gelmektedir.



Şekil 6.14. Denactive yellow için K/S renk verimi sonuçları

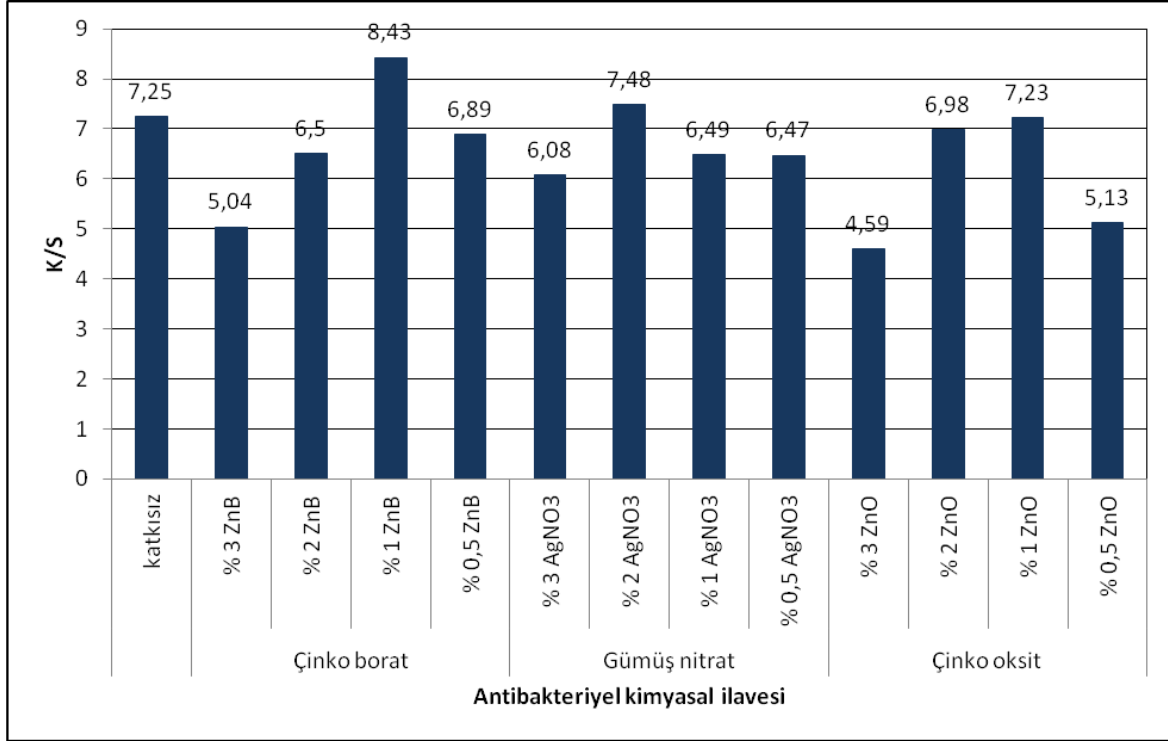
Şekil 6.14' de sarı reaktif boya için K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. Katkısız sarı boya ile yapılan boyamada kumaş 10 kez tekrarlı yıkamadan sonra K/S değeri 5,43 değerine düşmüştür. Değişik yüzdelerde eklenen çinko borat ise farklı sonuçlar göstermiştir. % 3 çinko borat eklenen ve 10 kez yıkanmış kumaş numunesinde yıkanmamış kumaşa göre düşüş gözlenmiştir fakat katkısız olan ve yıkanmayan kumaş numunesine göre bir artış olmuştur. Çinko boratın diğer yüzdelerinde yıkanmayan kumaşlara göre artışlar gözlenmiştir. Gümüş nitrat ilaveli ve 10 kez yıkanmış kumaşlarda ise yıkanmamış kumaşa göre % 1 hariç hepsinde artış gözlenmiştir. % 1' de ise çok küçük bir düşüş gözlenmiştir. Gümüş nitrat eklenen ve 10 kez yıkanan numuneler katkısız ve 10 kez yıkanan numuneye göre daha yüksek K/S verimi göstermişlerdir. Çinko oksit ilaveli

numuneler de ise % 3 hariç hepsinde düşüş gözlenmiştir. 10 kez yıkanan numunelerde akma söz konusu olup, sarı renk için boyanan kumaşların renginin açıldığını böylece K/S değerlerinde düşme gözlemlendiğini söyleyebiliriz.



Şekil 6.15 Denactive red için K/S renk verimi sonuçları

Şekil 6.15’ de kırmızı reaktif boya için 10 kez yıkanan kumaşların K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. Katkısız, % 3 çinko borat ilaveli, % 1 çinko borat ilaveli, % 3 gümüş nitrat ilaveli ve % 0,5 çinko oksit ilaveli 10 kez yıkanmış kumaşlarda yıkanmamış kumaşlara göre azalma gözlenirken, diğer numunelerde yıkanmamış kumaşlara göre K/S renk verimi değerlerinde artış gözlenmiştir.



Şekil 6.16. Denactive navy blue için K/S renk verimi sonuçları

Şekil 6.16’ de mavi reaktif boya için yıkanan numunelerin K/S renk verimi değerleri gösterilmiştir. % 1 çinko borat, % 1 gümüş nitrat, % 2 çinko oksit ve % 0,5 çinko oksit ilaveli ve 10 kez yıkanmış kumaşların renk verimi yıkanmamış kumaşlara göre daha yüksek çıkmıştır. Fakat mavi reaktif boyası için genel olarak bir azalma söz konusudur. Bu sonuçlara göre kumaşlar 10 kez yıkandıktan sonra renkte bir miktar açılma olduğu ve K/S renk veriminde küçük de olsa düşüşlerin olduğu gözlenmiştir.

6.10. On Kez Yıkanmış Kumaşların CIE L*, a*, b* Renk Koordinatları

Kumaşlar tekrarlı on kez yıkanmıştır. On kez yıkanmış kumaşlara ait renk ölçümlerine ait CIE L*, a*, b* renk koordinatları Çizelge 6.17’ de verilmiştir.

Çizelge 6.17. On kez yıkanmış kumaşlara ait renk koordinatları

Boya	Renk koor.	Katkısız	ZnO				AgNO ₃				ZnB			
			%0,5	%1	%2	%3	%0,5	%1	%2	%3	%0,5	%1	%2	%3
S.	L	70,9	69,3	52,1	71,9	72,1	67,1	67,2	67,6	68,2	69,4	69,6	70,5	71,5
	a	17,6	20,8	49,3	17,5	18,1	22,5	19,4	19,8	17,3	18,9	19,5	17,3	18,1
	b	59,4	65,9	-8,8	61,8	62,6	65,7	61,7	64,1	58,4	64,1	63,9	62,3	61,1
M.	L	38,7	43,5	39,1	39,6	45,3	40,4	40,3	38,4	40,9	39,8	39,6	40,5	43,9
	a	-6,2	-6,9	-5,8	-6,3	-6,8	-6,6	-6,9	-6,21	-6,7	-6,6	-5,7	-6,4	-6,9
	b	-17,8	-17,1	-19,1	-18,5	-18	-17,6	-17	-18	-16,6	-18,1	-18,3	-18,3	-17,5
K.	L	49,9	50,8	70,6	50,3	49,1	44,9	45,8	46,9	48,5	47,1	48,4	46,7	51,4
	a	48,5	47,9	17	51,1	48,6	50,9	50,5	51,9	48,2	51,1	50,8	52,2	48,5
	b	-7,9	-9,1	60,9	-8,4	-8,9	-6,6	-7,3	-7,2	-7,8	-7,3	-7,9	-6,9	-7,9

Çizelge 6.17 ve Çizelge 6.4 karşılaştırılırsa; antibakteriyel ilavesiz 10 kez yıkanmış kumaşlarda yıkanmamış olan numunelere göre az da olsa bir azalma gözlenmektedir. 2 çizelge de bütün olarak incelendiğinde farklı yüzdelerde ve farklı renkler için hem azalma hem artma gözlenmektedir. Fakat bu farklar çok küçük olduğu için ihmal edilebilir düzeydedir. Kumaşı 10 kez yıkamanın renk koordinatlarında değişiklik yaratmadığını söyleyebiliriz.

6.11. 10 Kez Yıkanmış Kumaşlarda Antibakteriyel Aktivite

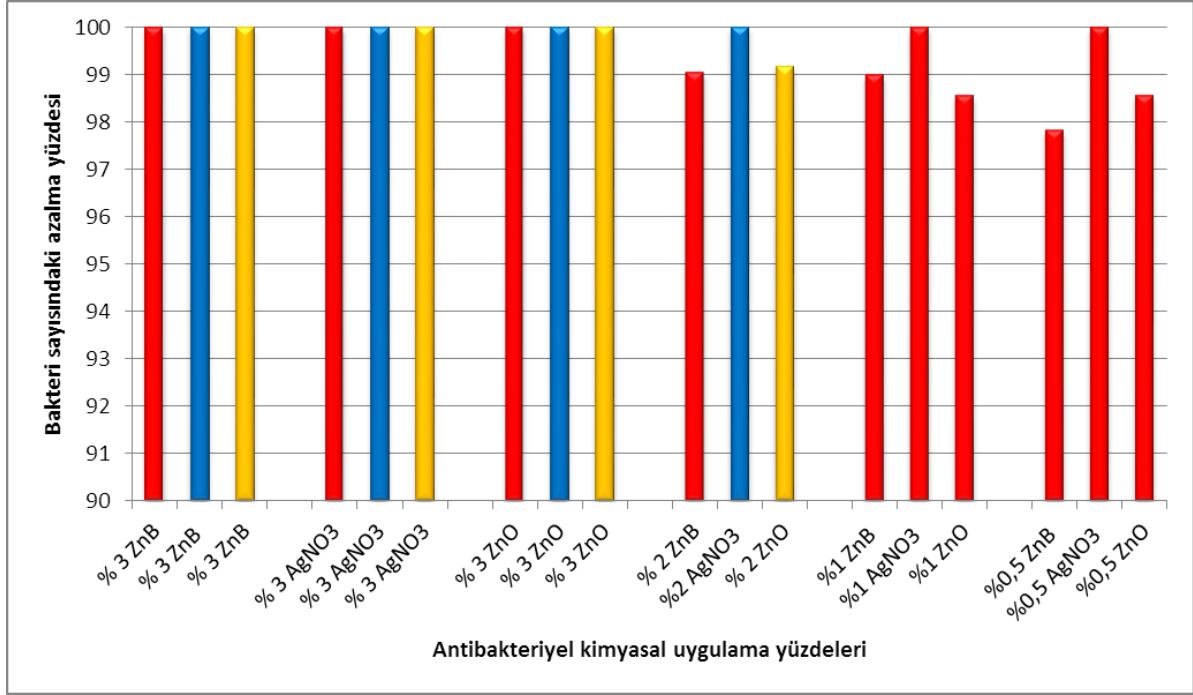
Antibakteriyel aktivite için yapılan çalışmalarda önceki çalışmalar baz alınarak antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasal ve kimyasalın miktarının önemli olduğu görüldüğü için 10 kez yıkanmış kumaşlar için yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde rastgele renkler seçilip antibakteriyel aktivite testleri yapılmıştır. *E. coli* ve *S.aereus* bakterilerine karşı elde edilen sonuçlar çizelge ve şekiller halinde aşağıda verilmiştir. Çizelge 6.18’ de farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *Escherichia coli*

bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları, Şekil 6.17’ de ise bu sonuçların grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 6.18. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *Escherichia coli* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Den.Red	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	3 saat sonra bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	Düşüş (%)
Katkısız Den.Red	4,3	9,5	-
%3 ZnB kırmızı	5,0	0,7	98,6
%3 AgNO ₃ kırmızı	4,5	0,5	98,9
%3 ZnO mavi	4,0	0,8	98,0
%3 ZnO kırmızı	4,2	0,1	97,6
%2 AgNO ₃ kırmızı	5,8	0,0	100,0
%2 ZnO kırmızı	5,8	0,1	98,1
%2 ZnB kırmızı	4,2	0,9	97,9
%1 AgNO ₃ kırmızı	4,9	0,0	100,0
%1 ZnO sarı	6,2	0,3	99,5
%1 ZnB kırmızı	5,4	0,5	99,1
%0,5 AgNO ₃ kırmızı	4,3	0,0	100,0
%0,5 ZnO kırmızı	5,2	0,2	97,1
%0,5 ZnB kırmızı	4,1	0,6	98,5

Not: Antibakteriyel aktivite belirlemek için kullanılan kimyasalların yüzdesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.



Şekil 6.17. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *Escherichia coli* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

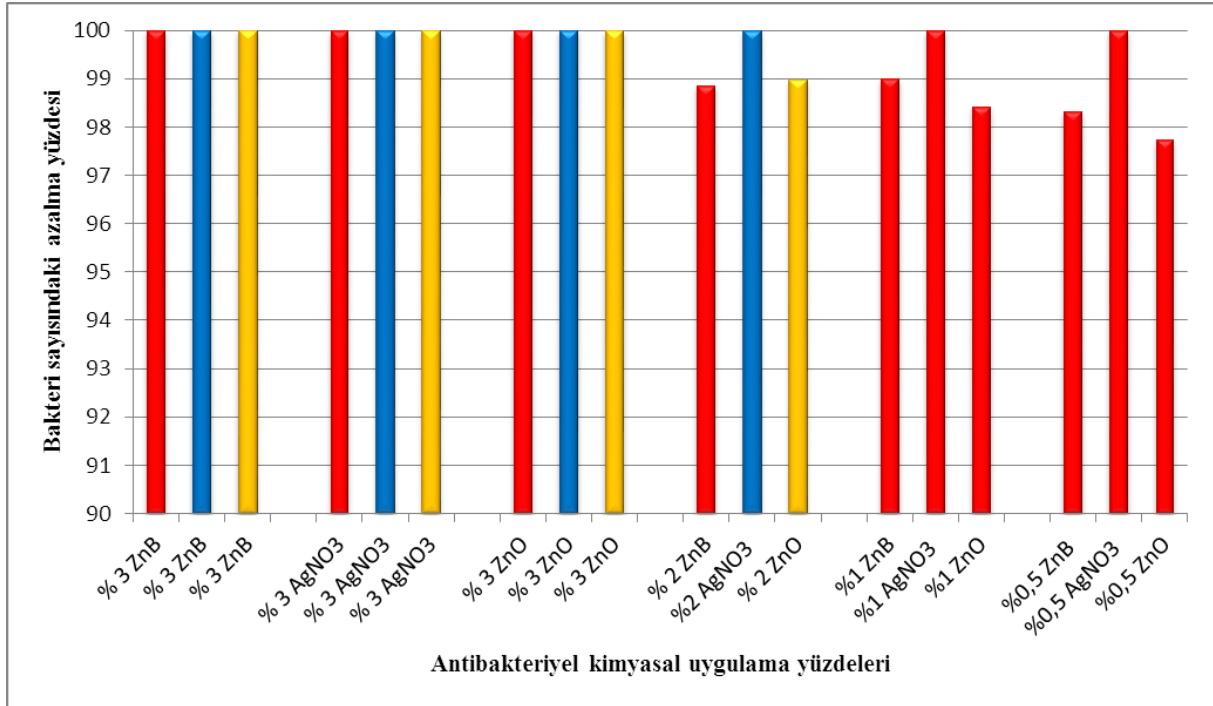
Çizelge 6.18 ve Çizelge 6.6 karşılaştırılırsa; *E. coli* bakterisi için yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde antibakteriyel kimyasal ilavesi olmadan boyanan kırmızı rengi için 10 kez yıkanan kumaşta da 3. saatin sonunda bakteri artışı gözlenmiştir. Çizelge 6.6' da bakterilerin başlangıç sayısı, 3 saat sonraki sayısı ve yüzde olarak düşüş gösterilmektedir. Bu çizelgeye göre antibakteriyel kimyasallar çinko oksit, gümüş nitrat ve çinko borat kullanıldığı zaman rastgele seçilen renklerde 10 kez yıkanmış kumaşlar için yaklaşık % 100 düşme gözlenmiştir. Gümüş nitrat kullanılarak boyanan 10 kez yıkanmış ve yıkanmamış kumaşlar karşılaştırılırsa; % 2, % 1 ve % 0,5 gümüş nitrat kullanılan boyamalarda yıkama ile sonuç değişmemiş ve yine % 100 *E. Coli* bakterisinde azalma gözlenmiştir. % 3 gümüş nitrat kullanılan ve 10 kez yıkanmış kumaşta yaklaşık % 1' lik bir düşüş gözlenmiştir, bu sonuç deney şartlarından kaynaklanabilir çünkü daha az yüzdelerde kullanılan gümüş nitrat boyamalarında % 100 düşüş devam etmiştir. Antibakteriyel kimyasal olarak çinko borat kullanılan ve 10 kez yıkanan kumaşlarda ihmal edilebilir düzeyde artma ve azalmalar gözlenmiştir. Çinko oksit kullanılan boyamalarda ise % 3 çinko oksit kullanılan kırmızı ve mavi reaktif boyalar için % 2' lik düşüş gözlenmiştir. Diğer yüzdelerde değişimler ihmal edilebilir düzeydedir. Çizelge 6.19' da farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *S. aureus* bakterisi

antibakteriyel aktivite sonuçları, Şekil 6.18’ de ise bu sonuçların grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 6.19. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *Staphylococcus aureus* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Den.Red	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	3 saat sonra bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	Düşüş (%)
Katkısız Den.Red	3,9	15,4	-
%3 ZnB kırmızı	5,1	0,3	99,4
%3 AgNO ₃ kırmızı	4,9	0,0	100,0
%3 ZnO mavi	4,0	0,4	99,0
%3 ZnO kırmızı	4,7	0,1	97,9
%2 AgNO ₃ kırmızı	5,3	0,0	100,0
%2 ZnO kırmızı	4,7	0,4	99,2
%2 ZnB kırmızı	4,2	0,3	99,3
%1 AgNO ₃ kırmızı	6,1	0,0	100,0
%1 ZnO sarı	4,1	0,1	97,6
%1 ZnB kırmızı	4,0	0,9	97,8
%0,5 AgNO ₃ kırmızı	3,8	0,5	98,8
%0,5 ZnO kırmızı	4,5	0,0	100,0
%0,5 ZnB kırmızı	4,2	0,3	99,3

Not: Antibakteriyel aktivite belirlemek için kullanılan kimyasalların yüzdesi kumaşın kütlesine göre belirlenmiştir.



Şekil 6.18. Farklı renkteki boyalar için 10 kez yıkanmış kumaşın *S. aureus* bakterisi antibakteriyel aktivite sonuçları

Çizelge 6.18 ve Çizelge 6.7 karşılaştırılırsa; *S. aureus* bakterisi için yapılan antibakteriyel aktivite testlerinde antibakteriyel kimyasal ilavesi olmadan boyanan kırmızı rengi için 10 kez yıkanan kumaşta da 3. saatin sonunda bakteri artışı gözlenmiştir. Çizelge 6.12’ de bakterilerin başlangıç sayısı, 3 saat sonraki sayısı ve yüzde olarak düşüş gösterilmektedir. Bu çizelgeye göre antibakteriyel kimyasallar çinko oksit, gümüş nitrat ve çinko borat kullanıldığı zaman rastgele seçilen renklerde 10 kez yıkanmış kumaşlar için yaklaşık % 100 düşüş gözlenmiştir. % 3 çinko oksit kullanılan kırmızı boyayla boyanan ve 10 kez yıkanan kumaşta yıkanmayan kumaşa göre yaklaşık % 2 oranında bir düşüş gözlenmiştir. % 0,5 gümüş nitrat kullanılan ve % 0,5 çinko oksit kullanılan 10 kez yıkanmış kumaşlarda yıkanmamış kumaşlara göre yaklaşık % 2 düşüş gözlenmiştir. Diğer yüzdelerde değişimler ihmal edilebilir düzeydedir.

Çalışmalara ek olarak her 3 boya ve 3 antibakteriyel kimyasalın en düşük oranlarında boyanan 10 kez yıkanmış kumaşlar da toplam bakteri sayımı yapılmıştır. Çizelge 6.20.’ de sarı reaktif boyası için % 0,5 oranında gümüş nitrat, mavi reaktif boyası için % 0,5 oranında çinko oksit ve kırmızı reaktif boyası için % 0,5 oranında çinko borat kullanılarak

yapılan boyamalar için toplam bakteri testleri yapılmıştır. Bakteri ölçümleri 37°C sıcaklıkta ve 48 saat süresince yapılmıştır.

Çizelge 6.20. Denactive red brn, denactive navy blue ve denactive yellow için 10 kez yıkanmış kumaşlarda *Toplam bakteri* antibakteriyel aktivite sonuçları

Boyarmadde	Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasal madde	Antibakteriyel aktivite için kullanılan kimyasal madde yüzdesi	Başlangıç bakteri sayısı (adet/mL)*10 ⁶	48 saat sonra bakteri sayısı (adet/mL)*10 ²	Bakteri sayısındaki azalma yüzdesi
Den.Yellow	AgNO ₃	%0,5	4,1	1,5	99,9
Den.Blue	ZnO	%0,5	4,9	7,2	99,9
Den.Red	ZnB	%0,5	4,2	2,4	99,9

Sonuç olarak 10 kez yıkanan kumaşlarda toplam bakteri ile yapılan antibakteriyel aktivite testleri 10 kez yıkanmamış kumaşlar ile aynı çıkmıştır. Yıkanmış kumaşlarda antibakteriyel özelliğin değişmediği, yıkamayla birlikte kumaşa nüfuz etmiş olan antibakteriyel kimyasalların uzaklaşmadığı söylenebilir.

Sonuçlar bölümünde doktora çalışması kapsamında yapılan boyama deneyleri, haslık testleri, K/S renk verimi bulguları, çekim ve fikse yüzdeleri, antibakteriyel aktivite sonuçları, toplam bakteri sonuçları, bakteri inaktivasyon kinetiği ve 10 kez yıkanmış kumaşlarda tekrarlanan testler ile ilgili deneysel veriler ve yorumlara yer verilmiştir. Sonuç olarak; antibakteriyel katkı maddesi olarak eklenen kimyasalların kumaşların haslık testlerinde bir düşüşe neden olmadığı, renk verimi ve L, a, b, sonuçlarının da iyi çıktığı gözlenmiştir. Antibakteriyel olarak kullanılan çinko borat, gümüş nitrat ve çinko oksitin antibakteriyelliği sağlamasının yanında kumaşın mukavemetini de düşürmediği söylenebilir. On kez yıkanmış kumaşlarda da haslık ve renk verimlerinde azalma gözlenmemiştir. On kez yıkanan kumaşların da antibakteriyel özelliklerinde düşüş gözlenmemiştir yani yıkama ile kumaşa nüfuz eden antibakteriyel kimyasalların kumaştan ayrılmayıp yapıda kaldığı söylenebilir.

Antibakteriyel aktivite testlerinde kullanılan kimyasallardan gümüş nitratta 4 farklı konsantrasyon için de %100' e yakın antibakteriyel sonuç elde edilmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur fakat çinko oksit ve çinko boratın da hemen hemen gümüş nitrat ile aynı antibakteriyel aktiviteyi göstermesi maliyet açısından olumlu bir sonuçtur. Maliyet olarak bakıldığında gümüş nitrat en pahalı, çinko borat en ucuz kimyasaldır. Antibakteriyel aktivite olarak incelendiğinde ise gümüş nitrat en iyi antibakteriyel kimyasal, ikinci antibakteriyel kimyasal ise çinko borattır. Maliyet ve antibakteriyel aktivite olarak değerlendirildiğinde çinko borat umut verici sonuçlar ortaya koymuştur.

7. ÖNERİLER

Bu bölümde ise sonuçlar ve tartışma bölümünde detaylı olarak tartışılan sonuçlara daha sonraki çalışmalar açısından da faydalı olabileceği düşünülen öneriler getirilmiştir:

- Öncelikle boyama yapılırken kullanılan NaCl tuzu yerine farklı bir tuz farklı miktarlarda kullanılıp, tuzun cinsinin ve miktarının boyamaya etkisi incelenebilir.
- Farklı sodalar kullanılarak soda cinsi ve miktarının boyamaya etkisi incelenebilir.
- Sıcaklık aralığı ve boyama süresi değiştirilerek deneyler tekrarlanabilir.
- Flotte oranları artırılıp azaltılarak boyama deneyleri tekrarlanabilir.
- Kullanılan antibakteriyel kimyasalların miktarları değiştirilerek antibakteriyel etkinlikleri incelenebilir.
- Çinko borat, gümüş nitrat ve çinko oksit haricinde deri florasıyla uyumlu başka antibakteriyel kimyasallar kullanılabilir.
- Reaktif boyaların çözelti yüzdeleri değiştirilerek boyama tekrarlanabilir.
- Boyaların antibakteriyel özelliğinin belirlenmesi için Sağlık Bakanlığı' nın 'Biyosidal Ürün Analiz Laboratuvarlarının Çalışma Usul ve Esasları' hakkındaki raporunda elyaf üzerinde test yapılan bakteriler olarak belirtilen 3 bakteri bulunmaktadır. Bunlar: Antibakteriyel olduğu beyan edilen ürünlerde; *Staphylococcus auerus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* bakterileridir [60]. Bu doktora çalışmasında elyaf üzerinde belirtilen bakterilerden *Escherichia coli* ve *Staphylococcus auerus* bakterileri ile çalışılmıştır. *Pseudomonas aeruginosa* bakterisi ile sonuçlar tekrar edilebilir.
- Antibakteriyel kimyasallar; gümüş nitat, çinko borat ve çinko oksit kumaş olmadan sadece boyaya eklenerek antibakteriyel aktivite testleri yapılabilir.
- Kullanılan antibakteriyel kimyasallar bakteri besiyerine eklenerek antibakteriyel aktivite testleri yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Palamutçu, S., Keskin, R., Devrent, N., Sengül, M., Hasçelik B. (2009). Fonksiyonel Tekstiller II : Antimikrobiyal Tekstiller. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(3), 95-108.
2. İnternet: Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması ve Toksisitesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tekstildershanesi.com.tr%2Fbilgi-deposu%2Fantibakteriyel-tekstil-uretiminde-sikca-kullanilan-gumusun-etki-mekanizmasi-ve-toksisitesi.html&date=2015-12-01>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2014.
3. Altuner, E. (2013). *Nano Kremlerin Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 3-7.
4. Başer, İ., İnancı, Y. (1998). *Tekstil Teknolojisi*, Marmara Üniversitesi Matbaası, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, 90-144.
5. Başer, İ., İnancı, Y. (1990). *Boyarmadde Kimyası*, İstanbul/Türkiye: Marmara Üniversitesi Matbaası, 90-144.
6. Hunger, K. (2003). *Industrial Dyes*, Wiley-VCH, Weinheim, 660.
7. Isıyel, H. (1997). *Bazı Reaktif Boyarmaddelerin Farklı Koşullardaki Boyama Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 10-15.
8. Yakartepe, M., Yakartepe, Z. (1998). *Tekstil Teknolojisi*, Genel Tekstil Terbiyesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma, İstanbul, 1(3), 97-99.
9. Yurdakul, A., Atav, R. (2006). *Boya-Baskı Esasları*, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Ege Üniversitesi, İzmir, 149.
10. Zollinger, H. (2003). *Color Chemistry*, Wiley-VCH, Zürih, 637.
11. Çoban, S. (1999). *Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri*, E.Ü. Yayınları, İzmir, 53
12. Miles, C. (1994). Textile Printing, University of Manchester Institute of Science and Technology, *Society of Dyers and Colourists*, Manchester, 45-49.
13. Temiz, A. (2010). *Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri*, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 13-224.
14. Ünlütürk, A., Turantaş, F. (2003). *Gıda Mikrobiyolojisi*, Meta Basım Yayıncılık Hizmetleri, İzmir, 16, 21.
15. Bae S.H., Motomura H., Morita Z. (1997). Adsorption Behaviour of Reactive Dyes on Cellulose, *Dyes & Pigments*, (34) 37-55.

16. Young, A., Son, H., Hyeong, L., Tae-Kyung K. (2005). A Study of Heterobifunctional Reactive Dyes on Nylon Fibers: Dyeing Properties, Dye Moiety Analysis and Wash Fastness, *Dyes and Pigments*, (66) 231-239.
17. El-Shishtawy, M., Nahed, Y., Ahmed, S., Mousa, A. (2006). The Use of Sodium Edate in Dyeing: II. Union Dyeing of Cotton/Wool Blend with Hetero Bi-functional Reactive Dyes, *Dyes and Pigments*, (25) 145-154.
18. Gorenssek, M. (1999). Dye Fibre Bond Stabilities of Some Reactive Dyes on Cotton, *Dyes & Pigments*, (40) 225-233.
19. Burkinshaw, S. M., Gandhi, K. (1997). The Wash-off of Reactive Dyes on Cellulosic Fibres. Part 3. Dichlorotriazinyl Dyes on Lyocell, *Dyes and Pigments*, (34) 63-74.
20. Ahmed, E. (2005). The use of sodium edate in the dyeing of cotton with reactive dyes, *Dyes and Pigments*, 65 (3) : 221-225.
21. Broadbent, D., Bissou, J., Lhachimi, M., Mir, Y., Capistran, S. (2005). Continuous dyeing of cotton with reactive dyes using infrared heat, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44 (11) : 3954-3958.
22. Motomura, H., Bae, H. (1997). Adsorption behavior of reactive dyes on cellulose, *Dyes and Pigments*, (34) 37-55.
23. Dongzhi L., Kunyu, G., Lubai, C. (1997). The Hydrolysis Kintetics and Dyeing Properties of 3'-Carboxypyridino-triazine Reactive Dyes, *Dyes and Pigments*, 87-96.
24. Tutak. M. (2006). *Reaktif Tekstil Boyalarında Alternatif Reaktif Grupların Denenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği A.B.D., Ankara, 106-109.
25. Koca. M. (2006). *Mavi Reaktif Boyanın (Reaktif Mavi 221) Örülmüş Pamuklu Kumaşa Uygulanmasında Değişik Parametrelerin Renk Verimine Etkisinin İncelenmesi* , Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği A.B.D., Ankara, 76-78.
26. Turhan. L. (2006). *Bir Diklortriazin Reaktif Boyarmaddesi (Reaktif Turuncu 86) Selülozik Elyafa Uygulanması ve Yıkama Şartlarının Belirlenmesi* , Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği A.B.D., Ankara, 53.
27. İçoğlu, İ. (2006). *Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi*, Y. Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği A.B.D., Adana, 97-102.
28. Aktaş, Ö. (2008). *Keten ve Keten/Selülozik Elyaf Karışımlarının Reaktif, Direk ve Kükürt Boyarmaddeleri ile Boyanması*, Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Eğitim A.B.D., İstanbul, 38.
29. Holtz, D., Lima, B., Souza, G., Brocchi, M., Alves, L. (2012). Nanostructured Silver Vanadate as a Promising Antibacterial Additive to Water-Based Paints, *Nanomedicine*, (8) 935-940.

30. Caballero, L., Whitehead, K., Allen, S., Verran, J. (2010). Photoinactivation of Escherichia Coli on Acrylic Paint Formulations Using Fluorescent Light, *Dyes and Pigments*, (86) 56-62.
31. Tutak, M., Gün, F. (2012). CI Bazık Yeşil 4 (Malahit Yeşili) Boyasının Bazı Patojenik Bakterilere Karşı Antibakteriyel Etkisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (19) 48-51.
32. Hochmannova, L., Vytrasova, J. (2010). Photocatalytic and antimicrobial effects of interior paints, *Progress in Organic Coatings*, (67) 1-5.
33. Farouk, F., Gaffer, H. (2013). Simultaneous dyeing and antibacterial finishing for cotton cellulose using a new reactive dye, *Carbohydrate Polymers*, (97) 138-142.
34. Ureyen, E., Dogan, A., Koparal, S. (2012). Antibacterial functionalization of cotton and polyester fabrics with a finishing agent based on silver-doped calcium phosphate powders, *Textile Research Journal*, 82(17), 1731-1742.
35. Zhang, Z. (1998). Preparation of antibacterial non-woven fabric with silver, *Rare Metal Materials and Engineering*, 27(1), 51-54.
36. Pollini, M., Paladini, F., Licciulli, A., Maffezzoli, A., Nicolais, L., Sannino, A. (2012). Silver-coated wool yarns with durable antibacterial properties, *Journal of Applied Polymer Science*, 125(3), 2239-2244.
37. Can, C., Körlü, A. (2011). Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması ve Toksisitesi, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 54-59.
38. Cho, H., Lee, J., Kim, W., Lee, B., Lee, Y., Yoon S. (2002). Antibacterial Effect of Intraprostatic Zinc Injection in a Rat Model of Chronic Bacterial Prostatitis, *Journal of Antimicrobial Agents*, 19(6), 576-581.
39. Ates, S., Unalan, E. (2012). Zinc Oxide Nanowire Enhanced Multifunctional Coatings for Cotton Fabrics, *Thin Solids Films*, 14 (SI), 4658-4661.
40. Ursache, M., Loghin, C., Muresan, R., Cerempei, A., Muresan, A. (2011). Investigation on The Effects of Antibacterial Finishes on Dyed Cotton Knitted Fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(3), 249-256.
41. Teli, D., Sheikh J. (2012). Nanosilver Containing Grafted Bamboo Rayon as Antibacterial Material, *Fibers and Polymers*, 23(10), 1280-1285.
42. Bilget, Ö., Tutak, M. (2013). Nano Boyutta Gümüş/Çinko Katkılı Pigment Baskı Uygulanmış Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği A.B.D., Kayseri, 53-54.
43. Iamphaojeen, Y., Shriphannon, P. (2012). Immobilization of Zinc Oxide Nanoparticles on Cotton Fabrics Using Poly 4-styrenesulfonic Acid Polyelectrolyte, *International Journal of Materials Research*, 103(5), 643-647.

44. Broadbent, D. (2001). *Basic Principles of Textile Colorization*, SDC Publication, England, 332.
45. McDonald, R. (1997). *Colour Physics for Industry*, SDC Publication, England, 57.
46. Tutak, M., Sıdar, B., Şahan, S. (2014). Pamuklu Kumaşa Çinko Klorür Uygulamasının Renk Performansı Üzerine Etkisi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30 (3), 180-183.
47. Özdemir, O., Tutak, M. (2013). Pamuklu Örme Kumaşların Reaktif Boya ile Boyanması Esnasında Tuz ve Boyarmadde Miktarına Bağlı Olarak Boyama Kinetiğinin İncelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29 (3), 200-205.
48. Çoksöyler, N. (2006). Gıdalarda Mikroorganizmaların İnaktivasyonunun Modellenmesi, *Türkiye 9. Gıda Kongresi: 24-26 Mayıs*, Yüzüncüyıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Müh. Bölümü, Van, 633-636.
49. Aksoy, A. (2010). β -Glikozidaz Enziminin Bornovamisketi Üzümünden İzolasyonu, Saflaştırılması ve Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Müh. A.B.D., Adana, 17-19.
50. Pilavtepe., M. (2007). *High Hydrostatic Pressure Induced Inactivation Kinetics of E. coli and S. aureus in Carrot Juice and Analysis of Cell Volume Change*, PhD Thesis, METU, Doctor of Philosophy in Food Engineering, vi-vii.
51. Apar, D. (2008). *Mısır Gluteninin Enzimatik Hidrolizi: Proses Parametrelerinin Optimizasyonu, Hidroliz, Çözünürlük ve Enzim İnaktivasyon Kinetiği*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, 112-113.
52. ASTM International Designation: E2149-01, (2010). *Standart Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions*, National Cheng Kung University, 1-5.
53. Sıdar, B. (2013). *Çinko Tuzu ile İşlem Görmüş Pamuklu Kumaşların Boyanması ve Antibakteriyel Özelliklerinin Belirlenmesi*, Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Müh. A. B. D., 26-28.
54. İnternet: Molar Kimya Kimyevi Maddeler Pazarlama ve Ticaret. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.hammaddefiyatlari.com%2Ficerik%2Fcinko-oksit-4c0&date=2015-12-01>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015.
55. İnternet: Çinko borat Fiyat. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fticiz.com%2Fp688502-cinko-borat.html&date=2015-12-01>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015.

56. Palamutçu, S., Keskin, R., Devrent, N., Sengül, M., Hasçelik, B. (2009). Fonksiyonel Tekstiller II : Antimikrobiyal Tekstiller. *Electronic Journal of Textile Technologies*, 3(3), 95-108.
57. TS EN ISO 105-C06 (Ekim 2001). *Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm C06: Evsel Yıkamaya ve Ticari Müesseselerde Yıkamaya Karşı Renk Haslığı*, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 59.080.01, 2-9.
58. TS 1008 EN ISO 105-B02 (Nisan 2001). *Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm B02: Yapay Işığa Karşı Renk Haslığının Tayini-Ksenon Ark Soldurma Lambası Deneyi*, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 59.080.01, 1-19.
59. TS 717 EN ISO 105-X12 (Şubat 2000). *Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm X12: Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 59.080.01, 2-6.
60. İnternet: Sağlık Bakanlığı Biyosidal Ürün Laboratuvarları, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcevresagligi.thsk.saglik.gov.tr%2Fdosya%2FBiyosidal%2FBiyosidal_Urun_Analiz_Laboratuvarlari_Usul_ve_Esaslari.pdf%2C&date=2015-12-01, Son Erişim Tarihi: 27.11.2015.
61. İnternet: National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fecoli%2F+&date=2015-12-01>, Son Erişim Tarihi: 27.11.2015
62. İnternet: The Free Encyclopedia. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FStaphylococcus_aureus&date=2015-12-01, Son Erişim Tarihi: 27.11.2015

EKLER

EK-1. ASTM E 2149-01 standardı

(Hareketsiz antibakteriyel ajanların hareketli temas şartlarında antimikrobiyel özelliğinin belirlenmesi standardı)

Bu test metodu ürün üzerinde sabit kalıp işlem yapılan bakterilere karşı ayrılmayan antimikrobik özelliğe sahip maddeler için geliştirilmiştir. Bu yöntem diğer yöntemlere göre difüzyon zorluğu olan malzemelerde kullanılmaktadır. AATCC 100 ve AATCC 147 gibi durağan ortamda yapılan test yöntemlerine alternatif olarak tercih edilmektedir.

Referans gösterilen standartlar

- ASTM E 1054: Dezekfektanlar, Sanitizerler ve Antiseptik gibi korunan malzemelerde kullanılan antimikrobiyal maddelerin pratiği ve değerlendirmesi standardı.
- AATCC 147-1998: Tekstil materyallerinin antibakteriyel aktivitelerinin değerlendirilmesi (Parelel şerit metodu).
- AATCC 100-1999: Antibakteriyel bitimli kumaşların değerlendirilmesi.

Metodun özeti

Ürün üzerinde sabit olarak duran antimikrobiyal madde kullanıldığı şartlarda bulunduğu ortama difüzyon yolu ile geçemez. AATCC 147 test metodu doğrudan tekstil ürününden dış ortama geçen maddeler için uygundur. ASTM E 2149-1 test metodunda bakteri ile muamele edilen tekstil ürünü hareketli ortam ile test esnasında antibakteriyel madde ile sık olarak karşılaşmaktadır.

Önemi ve kullanımı

Materyal üzerinde sabit duran antimikrobiyal maddelerin temas yolu ile bakteriler ile karşılaşabileceği durumlar için önemlidir. Test örneği konsantre bakteri ortamında çalkalama şartlarında bir saat ya da araştırmacının belirleyeceği bir zaman diliminde işleme alınır. Tekstil ürünü ile işlem yapılan çözeltiden alınan örnek seri seyreltme işlemi ile nutrient agar besi ortamına ekilerek 24 saat süre ile inkübasyon yapılır. Gerekli süre tamamlandıktan sonra bakterilerin oluşturdukları koloniler sayılarak gerekli hesaplamalar

EK-1. (devam) ASTM E 2149-01 standardı

yapılır. Antibakteriyel uygulama yapılmış numune ile kontrol (standart) numunedeki bakteri sayıları karşılaştırılarak bakteri düşüş yüzdesi hesaplanır.

Hazırlık ve yeni bakteri kültürü eldesi

Nutrient broth (standart mikrobiyolojik analizlerde genel sıvı besiyeri) besi yerinde seçilen bakteri aşılansarak 18 saat boyunca yeni kültür hazırlanır. Elde edilen kültür steril tampon çözeltisi içinde seyreltilerek UV-vis Spektrofotometresinde 475nm’ de $0,28 \pm 0,01$ absorbans verecek şekilde hazırlanır. Bu şartlarda hazırlanan bakteri kültürü için konsatrasyon $1,5-3 \times 10^6$ CFU/ml dir. Test örneği ağırlığı 0,5-2,0 g arasında olabilir ancak test ortamına tamamen batmış olmalıdır. Belirlenen ağırlık ve sürede işlem gören numunelerin antibakteriyel etkinlik yüzdeleri belirlenir.

Antibakteriyel aktivitenin belirlenmesi

Belirlenen şartlarda her bir numune için yapılması gereken test için başlangıç zamanında ve belirlenen süre sonunda alınan 0,5 ml çözelti örneklerinden seri seyreltme yöntemine göre 4,5 ml steril çözeltiye aktarılarak 10 kat seyreltilir. Bu işlem gereken duruma göre 5 yada 6 kez tekrar edilerek seyreltme işlemi tekrar edilir. En son seyreltilmiş numunelerden nutrient agar besi ortamı üzerine ekim yapılarak 24-48 saat süre ile 37°C’ de koloni oluşturmaya bırakılır. Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılır.

$$\text{Başlangıca göre düşüş, \% (CFU/ml)} = \frac{B - A}{B} * 100 \quad (5.1)$$

$$\text{Başlangıca göre düşüş, \% (CFU/ml)} = \frac{C - A}{C} * 100 \quad (5.2)$$

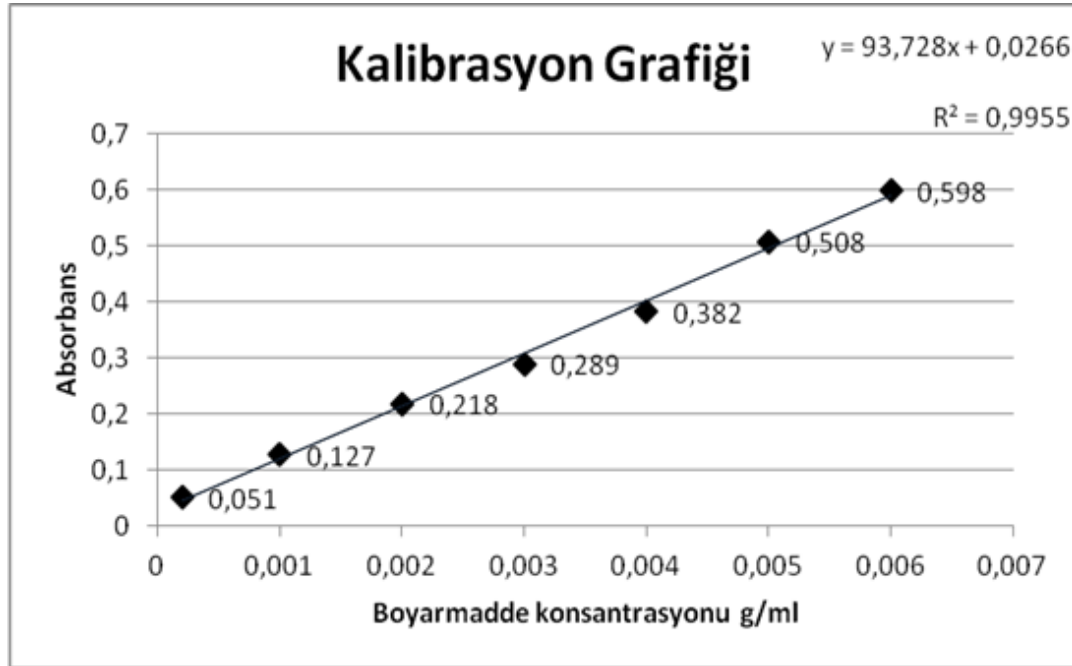
A: işlemli kumaş için adet bakteri/ml belirlenen süre sonunda bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da ($\log_{10}$ a göre bakteri yoğunluğu)

B: işlemli kumaş için adet bakteri/ml başlangıç zamanında bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da ($\log_{10}$ a göre bakteri yoğunluğu)

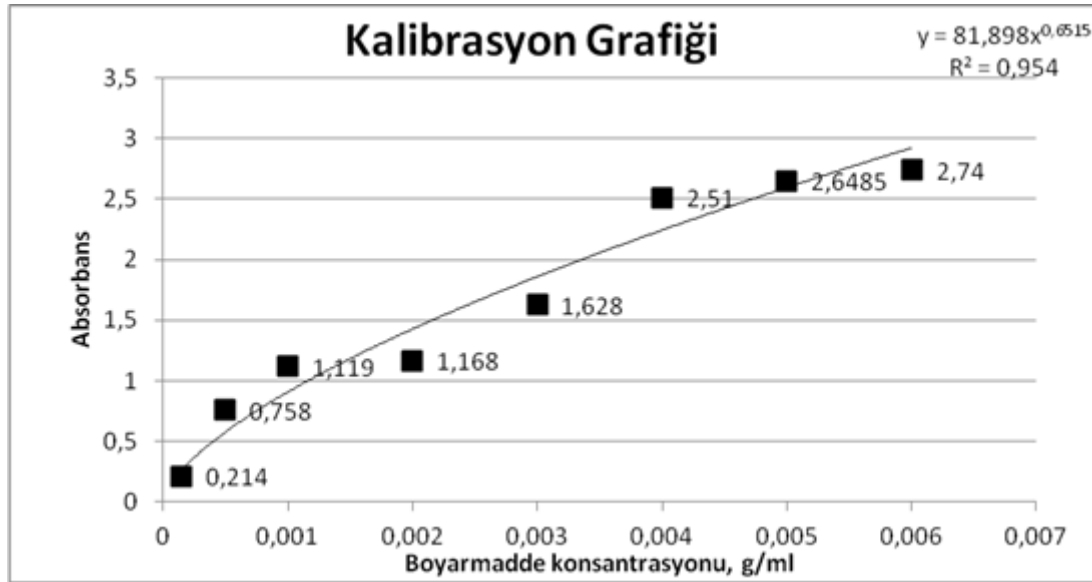
EK-1. (devam) ASTM E 2149-01 standartı

C: işlemsiz kumaş (Standart) adet bakteri/ml belirlenen zaman sonra bulunan bakteri sayısı (CFU/ml) ya da (log10 a göre bakteri yoğunluğu) [52,53].

EK-2. Kalibrasyon grafikleri

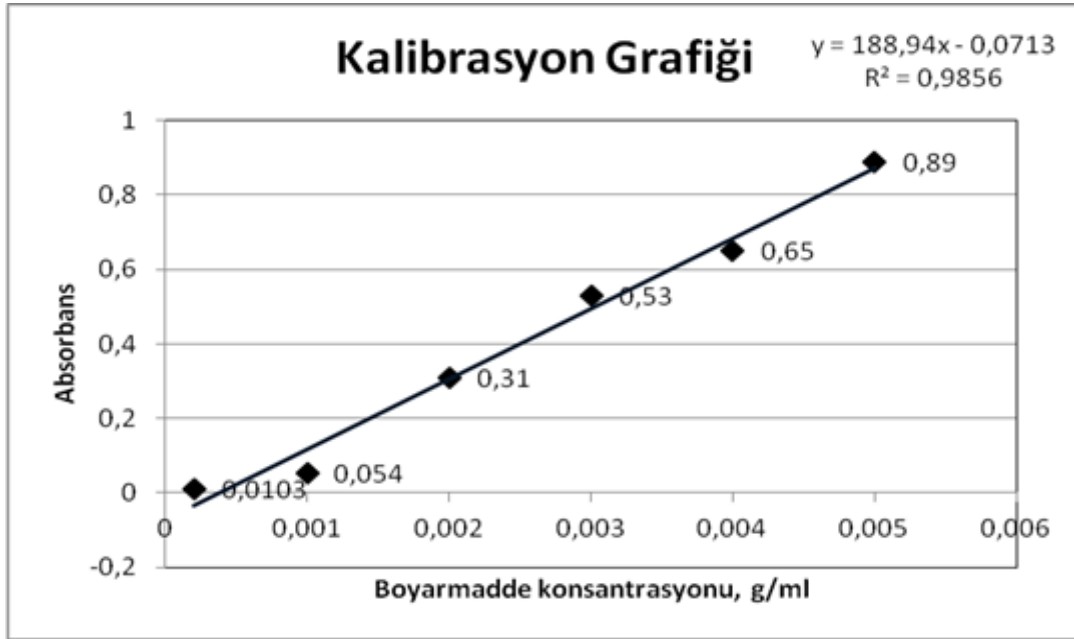


Şekil 2.1. Denactive navy blue reaktif boyası için çekim kalibrasyon grafiği



Şekil 2.2. Denactive red reaktif boyası için çekim kalibrasyon grafiği

EK-2. (devam) Kalibrasyon grafikleri



Şekil 2.3. Denactive yellow reaktif boyası için çekim kalibrasyon grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TÜRKÖZ, Eda
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20.05.1983, Kırıkkale
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (505) 2354201
 Faks : 0 (312) 3977108
 E-Posta : edaturkoz@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi/Kimya Mühendisliği	2015
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Kimya Mühendisliği	2009
Lisans	Gazi Üniversitesi/Kimya Mühendisliği	2006
Lise	Etimesgut Anadolu Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2009-devam	İçişleri Bakanlığı	Kimya Mühendisi
2005-2006	Gazi Üniversitesi	Öğrenci Asistanı

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Sinema, Tiyatro, Kitap



GAZİ GELECEKTİR..