



**FARKLI İPLİK ÖZELLİKLERİNE SAHİP POLİESTER
KUMAŞLARIN HAVA VE OKSİJEN SÜSPANSİYONLU
SU İLE BOYAMA METODUNUN İNCELENMESİ**

Nil GÖKNİL



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI İPLİK ÖZELLİKLERİNE SAHİP POLİESTER KUMAŞLARIN HAVA
VE OKSİJEN SÜSPANSİYONLU SU İLE BOYAMA METODUNUN
İNCELENMESİ**

Nil GÖKNİL

ORC ID: 0000-0002-4085-8701

Prof. Dr. Pervin ANIŞ

ORC ID: 0000-0002-6295-637X

(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Sibel ŞARDAĞ

ORC ID: 0000-0001-9177-0059

(Eş Danışman)

(Bursa Uludağ Üniversitesi)

YÜKSEK LİSANS

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Nil GÖKNİL tarafından hazırlanan "Farklı İplik Özelliklerine Sahip Poliester Kumaşların Hava ve Oksijen Süspansiyonlu Su ile Boyama Metodunun İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Eş Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Sibel ŞARDAĞ (Bursa Uludağ Üniversitesi)

Başkan : Prof. Dr. Pervin ANIŞ
ORC ID: 0000-0002-6295-637X
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Mehmet KANIK
ORC ID: 0000-0003-2317-7282
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER
ORC ID: 0000-0003-2612-6712
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.../.../...

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

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

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

beyan ederim.

04/02/2020

imza

Nil GÖKNİL

ÖZET

Yüksek Lisans

FARKLI İPLİK ÖZELLİKLERİNE SAHİP POLİESTER KUMAŞLARIN HAVA VE OKSİJEN SÜSPANSİYONLU SU İLE BOYAMA METODUNUN İNCELENMESİ

NİL GÖKNİL

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sibel ŞARDAĞ (Bursa Uludağ Üniversitesi)

Tekstil sektöründe en fazla su tüketimi terbiye işlemlerinde olmaktadır. Boyama işlemlerinde kullanılan temiz su miktarı çok fazladır. Aynı zamanda boyama sonrası açığa çıkan atık sular da çevresel anlamda atık yükü fazla olan sulardır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, daha az su kullanımı ve kullanılan suyun daha efektif kullanılmasıyla geri kazanılmasına yöneliktir. Bu doğrultuda çevreci boyutta çalışmalar gündeme gelmektedir.

Sıvı içerisindeki mikron veya daha küçük çapa sahip olan gaz kabarcıkları, su içerisinde yavaş bir şekilde su yüzeyine doğru hareket ederek su moleküllerinin hareketliliğini arttırmaktadır. Mikro ve nano baloncuk diye adlandırılan bu kabarcıklar hava ve oksijen süspansiyonu yöntemi ile su içinde üretilmektedir. Bu sayede endüstriyel pek çok uygulamada çok kaliteli sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasında hava ve oksijen süspansiyonu yöntemi ile üretilmiş baloncuklu sular kullanılarak farklı molekül boyutlarındaki boyarmaddeler ile %1 ve %4' lük dispers boyamalar yapılmıştır. Boyanacak kumaşlar 3 farklı tur/m bükümde ve 3 farklı iplik inceliği ile örülerek üretilmiş, renk ve haslık değerleri incelenmiştir. Sonuçlar konvansiyonel metot ile boyanan numuneler ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Poliester, iplik, nanobubble, oksijenli su, dispers boyama
2019, viii + 60 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATION OF DYEING METHOD, WHICH HAVE OXYGEN AND AIR SUSPENSION WATER, OF THE POLIESTER FABRICS WITH DIFFERENT YARN PROPERTIES

Nil GÖKNİL

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Second Supervisor: Asts. Prof. Sibel ŞARDAĞ (Bursa Uludağ University)

The highest water consumption in textile sector is in finishing processes. The usage amount of clean water in dyeing processes are very high. In addition to this the wastewater released after dyeing processes is also have high environmental waste load.

Recent studies have focused on less water usage and recovery of the water used more effectively. In this direction, environmental studies become a current issue.

Gas bubbles in the liquid having a diameter of microns or less increase the mobility of water molecules by moving slowly towards the water surface in the water. These bubbles, called micro and nano bubbles, are produced in water by air and oxygen suspension method. In this way, high quality results have been achieved in many industrial applications.

In this thesis, 1% and 4% disperse dyes were made with dyes of different molecular sizes using bubble waters produced by air and oxygen suspension method. The fabrics to be dyed were produced by knitting with 3 different turns / m twist and 3 different yarn fineness and the color and fastness values were examined. Results were interpreted by comparing the sample dyed by conventional methods.

Key words: Polyester, yarn, nanobubble, oxygen water, disperse dyeing
2019, viii + 60 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bana her konuda yol gösteren, bilgisini, desteğini ve zamanını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Pervin ANIŞ'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Dr. Behçet BECERİR ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sibel ŞARDAĞ'a teşekkür ederim.

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim süresince üzerimde büyük emekleri olan ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ve Elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince her türlü bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli arkadaşlarım Dr. İdil YETİŞİR YİĞİT ve Dr. Öğr. Üyesi Şebnem DÜZYER GEBİZLİ'ye teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca bana her konuda destek olan ve sabırla bana yardımcı olan anneme, babama ve abime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana sabırla dayanan sevgili eşim Akın GÖKNİL'e teşekkür ederim.

Nil GÖKNİL
04/02/2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Poliester Liflerinin Tarihçesi	3
2.2. Poliester Liflerinin Üretimi	4
2.3. Poliester Liflerinin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri	4
2.3.1. Liflerin enine kesit ve boyuna görünüşü	4
2.3.2. Liflerin inceliği ve uzunluğu.....	4
2.3.3. Renk ve parlaklığı	5
2.3.4. Liflerin mukavemeti	5
2.3.5. Yoğunluğu	5
2.3.6. Sıcaklığın etkisi.....	5
2.3.7. Nem çekme özelliği.....	5
2.3.8. Esneklik ve yaylanma özelliği	6
2.3.9. Sürtünmeye karşı dayanıklılığı	6
2.3.10. Boyut değişmezliği.....	6
2.3.11. Statik elektriklenmesi	6
2.3.12. Alev alma yeteneği.....	6
2.4. Poliester Liflerinin Kimyasal Özellikleri	7
2.4.1. Poliester liflerine asitlerin etkisi	7
2.4.2. Poliester liflerine bazların etkisi	7
2.4.3. Poliester liflerine oksidasyon ve indirgen maddelerin etkisi	7
2.4.4. Poliester liflerine çözücülerin etkisi.....	7
2.5. Poliester Liflerinin Kimyasal Yapısı.....	7
2.6. Poliester Liflerinin Boyanma Yöntemleri	8
2.6.1. Poliesterin dispers boyarmaddeler ile boyanması	8
2.6.2. Poliesterin carrier yöntemine göre boyanması.....	9
2.6.3. Poliesterin HT yöntemine göre boyanması	10
2.6.4. Poliesterin termosol boyama yöntemine göre boyanması	10
2.7. Hava ve Oksijen Süspansiyonlu Su ile Boyama Yöntemi	11
2.8. Nanokabarcık (nanobubble)	11
2.9. Literatür Çalışmaları	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. İplikler	20
3.1.2. Kimyasal maddeler.....	20
3.1.3. Boyarmaddeler.....	20
3.1.4. Makineler.....	20
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Kumaşların elde edilmesi	23

3.2.2. Hava ve oksijen süspansiyonlu su elde edilmesi	23
3.2.3. Kumaşların boyanması	23
3.2.4. Uygulanan testler ve analizler.....	26
3.3. Test Sonuçlarını Değerlendirme Yöntemleri.....	28
4. BULGULAR	34
4.1. Yıkama Haslığı Sonuçları.....	34
4.2. Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Sonuçları.....	36
4.3. Renk Değerleri Sonuçları	38
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	40
5.1. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun ve iplik özelliklerinin kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi	40
5.2. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi.....	44
5.3. Boyama konsantrasyonunun kumaşların haslıklar özellikleri ve renk değerlerine etkisi.....	49
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	59

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
°	Derece
%	Yüzde Oranı
α	1. Tip Hata
μ	Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)
g	Gram
g/l	Gram/Litre
g/cm ³	Gram/Santimetreküp
°C	Santigrad Derece
dk.	Dakika
psi	Pound/inç ² (Pounds per square inch)
F _s	F istatistik
F _t	F tablo
B _i	İplik numarasının etkisi
H _j	İplik büküm miktarı etkisi
(BH) _{ij}	İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kesişiminin etkisi
e _{ijk}	Gözlemlerde bulunan tesadüfi hata
Y _{ijk}	İki faktörlü varyans analizi matematiksel modeli

Kısaltmalar	Açıklama
pH	Hidrojen Gücü, Potansiyeli (Potential of Hydrogen)
SNK	Student-Newman-Keuls
ISO	Uluslararası Standart
CA	Asetat
CO	Pamuk
PA	Poliamid
PES	Poliester
PAN	Poliakrilnitril
WO	Yün

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Poliester liflerinin kimyasal yapısı.....	8
Şekil 2.2. Mikrokabarcık ve nanokabarcık arasındaki farklılık	11
Şekil 2.3. Makro, mikro ve nanokabarcıkların şematik gösterimi.....	12
Şekil 2.4. Dekompresyon ve gaz-su sirkülasyon metotları ile mikro ve nanokabarcık üretiminin şematik gösterimi.....	14
Şekil 3.1. Numune yuvarlak örgü makinesi	21
Şekil 3.2. Numune kumaş boyama makinesi	22
Şekil 3.3. Hava ve oksijen süspansiyonlu su üretim makinesi	22
Şekil 3.4. Konvansiyonel boyama grafiği	24
Şekil 3.5. Konvansiyonel boyama için redüktif yıkama grafiği.....	24
Şekil 3.6. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanma grafiği.....	25
Şekil 3.7. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanma için redüktif yıkama grafiği	25
Şekil 3.8. James H. Heal marka Crockmeter.....	26
Şekil 3.9. TEST 412 NB HT yıkama makinesi	27
Şekil 3.10. Konica Minolta CM-3600D spektrofotometresi	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların yıkama haslığı sonuçları .	34
Çizelge 4.2. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların yıkama haslığı sonuçları	35
Çizelge 4.3. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların sürtmeye karşı renk haslığı sonuçları	36
Çizelge 4.4. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların sürtmeye karşı renk haslığı sonuçları	37
Çizelge 4.5. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların renk değerleri.....	38
Çizelge 4.6. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların renk değerleri	39
Çizelge 5.1 Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun, iplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların haslık ve renk değerlerine etkisini gösteren varyans analiz tablosu.....	40
Çizelge 5.2. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun ve iplik özelliklerinin kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları	41
Çizelge 5.3. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları	42
Çizelge 5.4. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları.....	43
Çizelge 5.5. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi.....	44
Çizelge 5.5. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi (devam).....	45
Çizelge 5.6. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları.....	46
Çizelge 5.7. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları	47
Çizelge 5.8. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları.....	48
Çizelge 5.9. Boyama konsantrasyonunun kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi.....	49
Çizelge 5.10. Boyama konsantrasyonunun kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları	50
Çizelge 5.11. Boyama konsantrasyonunun kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları	51
Çizelge 5.12. Boyama konsantrasyonunun kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları	52

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinin mevcut problemlerinden biri terbiye proseslerinin sebep olduğu çevresel kirliliktir. Bu sebeple tekstil terbiye çalışmalarında çevre dostu, efektif ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır.

Tekstil terbiyesi için geliştirilen pek çok yenilikçi yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri de hava ve oksijen süspansiyonlu su üretimi ile ilgili yapılan çalışmalardır. Özellikle boyama proseslerinde daha etkili bir boyama efektinin sağlanması için su içindeki baloncukların yüzey alanlarının artırılması ile boyama moleküllerinin daha iyi taşınmasını sağlayan bir sistem mevcuttur.

Poliester lifleri dünyada en fazla kullanılan sentetik liflerdendir. Yüksek mukavemetleri, su iticilikleri gibi özellikleri ile pek çok malzemenin hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Poliesterin yapısındaki benzen halkaları, poliesterin boyanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle sıklıkla HT boyama tercih edilmektedir. Poliester lifleri daha çok dispers boyarmaddeler ile boyanmaktadır. Boyama sırasında kullanılan temiz su miktarı ve boyama sonrası açığa çıkan atık su miktarları çevresel anlamda büyük tehdit oluşturmaktadır (Aniş 2005).

Boyama verimini en çok sıcaklık, süre ve kullanılan kimyasallar gibi proses parametreleri belirlese de kumaşı oluşturan iplikler ve bu ipliklerin özellikleri de boya alımını ve verimi etkileyen parametrelerdendir. İplikteki büküm sayısı arttıkça ipliğin incelmesi ve boya alımının azaldığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Can ve Kırtay 2003).

Tez çalışmasında poliesterin boyanması farklı proses parametreleri ile incelenmiştir. Proses parametreleri olarak; iplik büküm miktarı, iplik numarası, boyarmadde molekül büyüklüğü ve boyama konsantrasyonu kullanılmıştır. Tüm bu parametreler kendi içinde istatistiksel analiz yöntemi SPSS ile yorumlanmıştır. Bu parametrelerin yanında boyama ve yıkama suyunun hava ve oksijen süspansiyon desteği ile üretilmiş bir su ile yapılması

gerçekleşmiştir. Boyama suyunun değişimi ile ilgili sonuçlar konvansiyonel boyama işlemi ile kıyaslanmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Poliester Liflerinin Tarihçesi

Kimyasal elyaf, ipekböceğinin ipek üretimine benzer bir şekilde polimerin (doğal ve sentetik) lif haline dönüştürülmesi ile elde edilen tekstil hammaddesidir. Doğal ipeğin oluşumundaki sıvı bir maddenin ince bir delikten çıkması ile pıhtılaşp katılarak bir filament hale gelmesi insanlara bu işlemin yapay olarak yapılabileceğini düşündürmüştür. Bir filamentin, ipeğin oluşumuna benzer bir şekilde tasarlanması 1664 yılında İngiliz doğa bilimcisi olan R. Hooke tarafından ortaya konulmuştur. Ancak pratik bir sonuç alınamamıştır. 1710'da Reaumur adlı Fransız bir bilim adamı ise reçine ve zamktan yararlanarak ipek filamentleri yapmayı tasarlamıştır.

Kimyasal elyaf yapımında ilk doğru adım ise 1855'te İsveçli kimyager olan Audemour'un selüloz nitratı keşfetmesiyle atılırken bu konu üzerine yapılan birçok araştırma ise Kont Hilaire Chardonnet tarafından sonuçlandırılmıştır (Karahan ve Mangut 2011).

Doğada mevcut makro molekülleri de insanlar tarafından fabrikalarda elde edilen sentetik liflerin üretim çalışmaları ise daha da yeni tarihlidir. 1931 yılında IG-Farben-Indusrtrie fabrikalarında ilk sentetik lif olan Pe-Ce (polivinilklorür) liflerinin çekiminden sonra, 1934 yılında Herbert REIN tarafından poliakrilnitril liflerinin üretimiyle ilgili bir patent alınmış, fakat endüstriyel uygulama için uygun çözücü olarak demitilformamidin kullanılabileceği ancak 1942 yılında bulunmuştur.

Poliester lifleri ise 1942 yılında İngiliz kimyagerler J.R. WHINFIELD ve J.T. DICKSON tarafından bulunmuştur. Önemli sentetik liflerin bulunmaları ise 2. Dünya Savaşı yıllarına rastladığından bunların endüstriyel önem kazanmaya başlamaları ancak 1950 yıllarından sonra, yaklaşık 1960'lı yıllarda gerçekleşmiştir (Tarakçioğlu 1986).

2.2. Poliester Liflerinin Üretimi

Poliester lifleri elde edilmesi iki yönteme göredir. İlk olarak başlangıç olarak etilen glikol ve dimetiltereftalat maddesi alınırken; diğler yöntemde ise etilen glikol ve tereftalik asit alınır. Polimerleştirilen bu ham madde daha sonrasında polimerleştirme kazanında soğutularak alınır ve küçük parçalar hâlinde kesilerek üretilirler. 260 °C’de erime noktası olan polimerler eritilerek yumuşak eğirme yöntemi kullanılarak filament hâline getirilirler. Bu filamentlerin mukavemetlerinin daha sonrasında artması için bir germe çekme işlemin uygulanır (Anonim 2019ı).

2.3. Poliester Liflerinin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri

Poliester lifleri yüksek veya normal dayanıklılıkta, parlak veya mat, beyaz veya solüsyon boyama şeklinde üretilebilmektedir. Poliester lifleri poliamid lifleri gibi saydam bir yapıya sahip değillerdir. Beyazdır ve ağartma işlemine girmesine gerek yoktur. Bununla beraber poliesterde optik beyazlık istenildiğinde de üretim esnasında lif çekim solüsyonuna optik beyazlatıcı eklenmektedir. Poliesterin üretiminde farklı enine kesitlerle üretilmesinin mümkün olması fiziksel özelliklerinin de değışmesine neden olabilmektedir. Genellikle de yuvarlak kesitle üretimi yapılmaktadır. Bu liflerin üst yüzeyleri pürüzsüz olup cam çubuğa benzemektedir (Karahana ve Mangut 2017).

2.3.1. Liflerin enine kesit ve boyuna görünüşü

Poliester lifleri mikroskop altında incelendiğinde düzgün bir çubuk şeklinde görülür ve enine kesitleri genellikle yuvarlak olmalarına rağmen değışik kesitlerde de olabilmektedir.

2.3.2. Liflerin inceliğı ve uzunluğı

İncelik düze deliklerinin çapına ve uygulanan çekim işlemlerine bağılı olarak değıştiğı için istenilen incelik değerlerinde üretilebildiğı gibi farklı uzunluklarda da üretilebilir.

Poliester liflerinin kullanım alanına bağlı olarak filament Şeklinde olabilecekleri gibi kesikli yani stapel Şeklinde de olabilir.

2.3.3. Renk ve parlaklığı

Poliester lifleri genellikle beyaz renkli ¼retilir ve parlaktırlar. İstenildiğinde ise yarı mat veya mat olarak da elde edilebilirler.

2.3.4. Liflerin mukavemeti

Poliester liflerinin mukavemeti ¼retim Őekline g¼re deėiŐiklik g¼sterir. Filament h¼lde olan poliester liflerinin mukavemeti 4-7 g/denye arasındadır.

2.3.5. Yoğunluğu

Poliester lifleri hafif lifler olup, ¼zg¼l ağırlığı 1,36-1,45 g/cm³t¼r.

2.3.6. Sıcaklığın etkisi

Erime noktası 255-260°C civarı olan poliester liflerinin y¼ksek sıcaklığa dayanıklılığı birÇok doğal ve sentetik life nazaran daha iyidir. Poliester liflerinin d¼Ő¼k sıcaklıklara karşı dayanımı da iyi olup hatta -40°C'de tutulan liflerin kopma dayanımlarında %6'ya kadar bir artış meydana gelmektedir. Buna karŐılık liflerin esneme yetenekleri %30 kadar bir azalma g¼stermekteyse de lifler elastikiyetlerini korumaktadırlar (TarakŐıoėlu 1986).

2.3.7. Nem ¼ekme ¼zelliėi

Poliester liflerinin nem ¼ekme ¼zelliėi normal Őartlarda %0.2-0.8 arasında deėiŐmektedir.

2.3.8. Esneklik ve yaylanma özelliği

En yüksek rezilyans özelliği olan lif olduğundan esneklik özelliği genelde iyi olmakla beraber yaylanma özelliği ise çok iyidir. Filament halindeki poliester liflerinin uzama oranı %15-30 arasında iken, kesikli halde ise %30-50 arasında değişiklik göstermektedir.

2.3.9. Sürtünmeye karşı dayanıklılığı

Poliester liflerinin sürtünmeye karşı dayanıklılığı oldukça iyidir ama bütün lifler içerisindeki en çok nope sorunu olan lif olduğundan tüylenme (boncuklanma) sorunu ile karşılaşılabilir.

2.3.10. Boyut değişmezliği

Yüksek sıcaklıktaki fiksaj işlemlerine dayanımı oldukça iyidir. Fakat sıcak fiksaj yapılmış poliester kumaş yüksek sıcaklıklar altında çekme eğilimi gösterebilir (Anonim 2014).

2.3.11. Statik elektriklenmesi

Nem içeriğinin düşük olması ve yapısındaki elektriği iletcek polar grupların aktif olmaması nedeniyle statik elektriklenme problemi vardır.

2.3.12. Alev alma yeteneği

Aleve yaklaştırıldığında erimeye başlar. Ateşle temasa geçtiğinde ise siyahî, sert bir artık bırakarak yanar (Karahana ve Mangut 2017) (Anonim 2019ı).

2.4. Poliester Liflerinin Kimyasal Özellikleri

2.4.1. Poliester liflerine asitlerin etkisi

Poliester düşük konsantrasyonlardaki ve sıcaklıklarındaki mineral ve organik asitlerden oldukça az etkilenir ancak konsantre asitlerden zarar görür.

2.4.2. Poliester liflerine bazların etkisi

Poliester lifleri zayıf veya kuvvetli bazlarla ya da alkali tuzlarla normal sıcaklık ve konsantrasyonlarda zarar görmezler. %5'lik soda ise kaynama sıcaklığında poliestere zarar verir fakat çözmez.

2.4.3. Poliester liflerine oksidasyon ve indirgen maddelerin etkisi

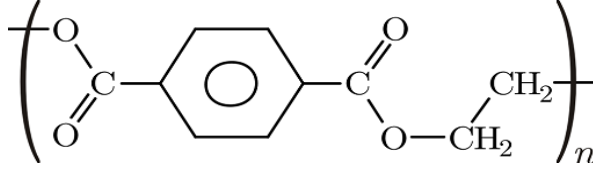
Hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit ve sodyumhidrosülfid poliestere az da olsa zarar verir.

2.4.4. Poliester liflerine çözücülerin etkisi

Poliesterin temizlemede ve yağ gidermede kullanılan çözücülere (hidrokarbon ve klor içeren) karşı mukavemeti iyidir. Fakat oksijen bazlı çözücülere karşı dayanıklı değildir.

2.5. Poliester Liflerinin Kimyasal Yapısı

Bir asitle bir alkolün meydana getirdiği bileşiklere ester adı verilir. Poliester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile bir dikarboksilli asitin polikondenzasyonu ile oluşan uzun zincirli polimerlere verilen addır. Bu zincirde ester (-CO-O-) grubu çok sayıda tekrarlanır (Karahan ve Mangut 2017).



Şekil 2.1. Poliester liflerinin kimyasal yapısı (Aniş 2005)

2.6. Poliester Liflerinin Boyanma Yöntemleri

Poliester liflerinin boyanmasında dispers boyarmaddeler, azoik boyarmaddeler ve küp boyarmaddeler kullanılmaktadır. Poliester lifinin yüksek kristalinite ve belirgin hidrofob özelliği göstermesi büyük moleküllü boyarmaddelerin lif içerisine kolayca nüfuz etmesini önler. Lifler aktif grup içermediği için boyarmadde anyon ve kasyonlarını da bağlayamaz. Poliester liflerinin boyanması esnasında en çok kullanılan boyarmadde, dispers boyarmaddelerdir (Özcan 1976).

2.6.1. Poliesterin dispers boyarmaddeler ile boyanması

Dispers boyarmaddeleri, poliester lifleri üzerinde uygun haslık değerlerine sahip olmalarının yanında yeterli renk paletine de sahiptir. Sıvı veya toz hâlinde bulunur. Dispers boyarmaddelerin suda çözünmeleri diğer suda çözünebilir boyarmaddelerin çözünmesi gibi bilinen anlamda değildir. Dispers boyarmaddelerinin, poliesterin boyanması sırasında banyoda süspansiyon şeklinde bulunması, boyarmadde moleküllerinin banyo içinde çözünmeden asılı olarak kalması şeklindedir. Yani pigment boyarmaddelerdeki gibi suda tamamen çözünemez durumda değildir.

Dispers boyarmaddeler ilk üretildiklerinde küçük moleküllü olanları bulunmaktaydı. Bu boyarmaddelerin haslıkları düşüktür. Teknolojinin ilerlemesi ile daha yüksek haslıkları olan daha büyük moleküllü dispers boyarmaddeler üreilmeye başlandı.

Piyasada bulunan dispers boyarmaddelerin üç ana sınıfı vardır.

- Küçük moleküllü dispers boyarmaddeler: Bu boyarmaddelerle çektirme yöntemiyle boyama yapılır.

- Orta moleküllü dispers boyarmaddeler: Çektirme, bazen termosol yöntemi ile boyama yapılır.
- Büyük moleküllü dispers boyarmaddeler: Genellikle termosol yöntemi uygulanır. Bazen çektirme yönteminde de kullanır.

Dispers boyarmaddelerin lif üzerine tutunma hızları 80 °C'nin de (camlaşma noktasının) altı olduğundan çok düşüktür. Adsorpsiyon hızı 85 °C'den itibaren artmaya başlar ve 100 °C'nin üzerinde ise sürekli yükselir. Bu da dispers boyarmaddelerin seçimi esnasında boyamayı doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Bu yüzden özellikle kombinasyon boyamalar yapılacaksa kullanılacak olan boyarmaddelerin birbiriyle uyumlu olmasına dikkat edilmesi gerekir. Üretici firmaların oluşturduğu kataloglardaki boyama kalitesini direk etkileyen unsurlardan olan haslık değerleri ve boyarmadde çekim eğrileri birbiriyle aynı olan boyarmaddeler seçilmesine özen gösterilerek reçeteler oluşturulmalıdır (Anonim 2019d).

Poliesterin dispers boyarmaddelerle boyanması aşağıdaki şekillerde yapılabilir.

Carrier yöntemine göre boyama – Çektirme yöntemiyle boyama yapılır.

HT yöntemine göre boyama– Çektirme yöntemiyle boyama yapılır.

Termosol boyama yöntemi– Emdirme yöntemiyle boyama yapılır (Anonim 2019e).

2.6.2. Poliesterin carrier yöntemine göre boyanması

Son yıllarda poliester boyamada en fazla kullanılan yöntem HT boyama yöntemidir. Fakat bazı kumaşların (özellikle poliester-yün karışımlarının) kaynama sıcaklığında ve atmosfer şartlarında boyanması gerekir. Bu sebeple de boyama çözeltisi içerisine 'carrier' ilavesi yapılır. Carrier ile yapılan boyamalarda normal atmosfer basıncında ve 100 °C'nin altında boyama yapılır.

Günümüzde carrier metodunun kullanılmamasının en büyük sebebi çevre kirliliğine neden olması, ışık haslıklarını düşürmesi, rengin koyu olduğu durumlarda istenen rengin elde edilememesi ve boyama maliyetlerinin yüksek olması olarak belirtilebilir (Anonim 2017b).

2.6.3. Poliesterin HT yöntemine göre boyanması

Poliester materyallerin boyanmasında en fazla uygulanan boyama metodudur. Basınç altında kaynama sıcaklığından yüksek sıcaklara çıkılarak gerçekleştirilen HT boyama (high temperature) olarak adlandırılmaktadır.

Poliesterin 1. camlaşma noktası olan 70-80 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, liflerin sıkı moleküler üstü yapılarındaki sadece amorf bölgelerde bulunan etilen gruplarının hareketlilik kazanması ile boyarmadde nüfuz edememektedir. Lifler ancak poliesterin 2. camlaşma sıcaklığı olan 120-140 °C'de yapılarındaki kristalin bölgelerde bulunan benzen halkalarının hareketlilik kazanması ile boyarmadde almaktadır. HT boyama şartlarında mamul 100 °C'nin üzerinde ve basınç altında dispers boyarmaddeler ile boyanmaktadır. Sıcaklığın kaç °C'ye çıkarılmasının en uygun olacağı kesin değildir ancak genel olarak boyama işlemi 130 °C'de yapılmaktadır (Burkinshaw 1995).

Bu sıcaklıkta boyarmaddenin lifin içine girişinin açık halde olması boyamanın düzgünlüğünü olumlu yönde etkiler. Sıcaklık arttıkça boyarmaddenin hareketliliği artacağından, migrasyon kabiliyeti gelişir. Bu boyama yönteminde diğerlerine göre haslıklar oldukça yüksektir.

HT boyamanın dezavantajları ise yüksek sıcaklıklarda boyama yapıldığı için enerji maliyeti oldukça yüksektir ve kullanılan boyarmadde maliyeti yüksektir (Anonim 2017a).

2.6.4. Poliesterin termosol boyama yöntemine göre boyanması

Poliester ve poliester karışımı kumaşların boyandığı kontinü bir metottur. Esas olay poliester kumaşın dispers boyarmadde ile fularlanmasından ibarettir. Bu işlemin arkasından kumaş üzerine geçen boyarmaddenin life difüze olmasını sağlamak için termoselleme yapılır. 30-90 saniye 180 ve 220 °C aralığında kumaş yüzeyinde bulunan boyarmaddenin lif içine difüzyonu ve fiksesi gerçekleşir.

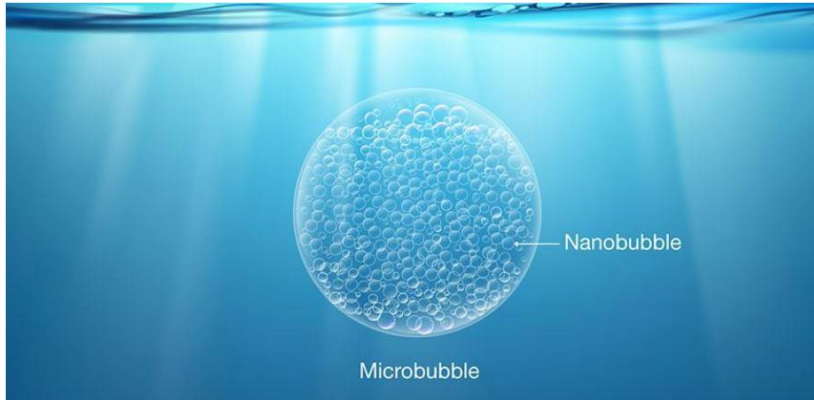
Termosol yönteminin avantajları ise kontinü işlem olduğu için üretim hızının oldukça yüksek olması ve kumaş enine açık işleme sokulduğu için boyanın fiksesi sırasında, poliester mamulün termofiksajının da gerçekleşmesidir (Anonim 2011).

2.7. Hava ve Oksijen Süspansiyonlu Su ile Boyama Yöntemi

Tekstil terbiyesi için yenilikçi yöntemlerden biri olan hava ve oksijen süspansiyonlu su üretimi ile ilgili yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle boyama proseslerinde daha etkili bir boyama efekti için, su içindeki baloncukların yüzey alanlarının artırılması ile boyama moleküllerinin liflerin içerisine daha iyi ulaşabilmeleri böylelikle de kumaşların homojen bir şekilde boyanabilmeleri sağlanmaktadır.

2.8. Nanokabarcık (nanobubble)

Sıvı içerisindeki 1 mikrondan daha küçük çaplara sahip gaz kabarcıkları mikrokabarcık (microbubble) ya da nanokabarcık (nanobubble) olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.2). Gösterdiği etki boyutlarına göre değişmekte olduğundan kabarcık çapı oldukça önemlidir. Buna göre mikrokabarcık 10-100 μm , nanokabarcık ise 1 μm 'dan daha küçük boyutlarda olmaktadır (Tsuge 2014) (Anonim 2019b).

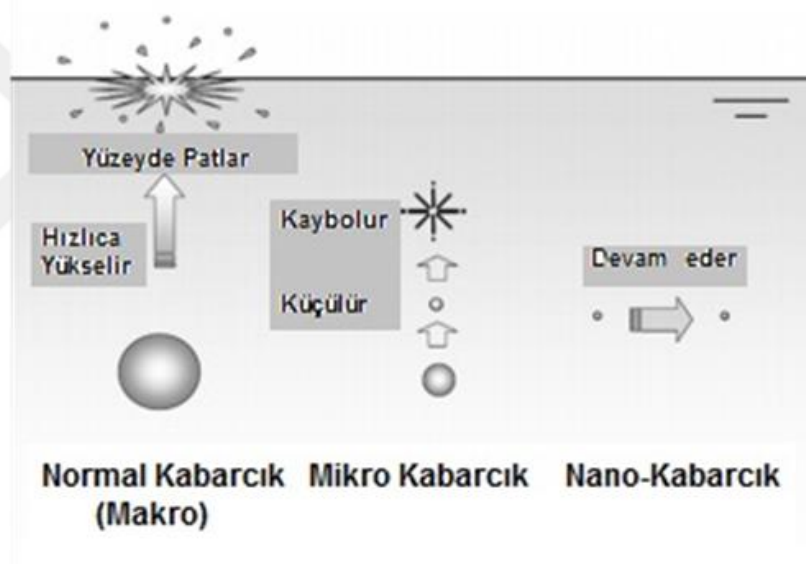


Şekil 2.2. Mikrokabarcık ve nanokabarcık arasındaki farklılık (Anonim 2019a)

Nanokabarcıkların varlığı bazı termodinamik faktörler nedeniyle uzun süre tartışılmıştır. Örneğin, eğer yüzey çok pürüzlü değilse, nanokabarcıkların oluşumu ile sistemin

toplam enerjisinin artması beklenir. Ancak, nanokabarcıkların içindeki Laplace basıncı çözelti içerisinde bu nanokabarcıkların çözülmesine yol açar (Agarwal ve ark. 2011).

Şekil 2.3. makrokabarcık, mikrokabarcık ve nanokabarcıkların arasındaki temel farklılıkları göstermektedir (Takahashi ve ark 2007). Mikrokabarcıklar, suyun içerisinde boyutsal olarak kademeli olarak küçülürler. Daha sonra uzun hareketsizlik ve suyun içerisine içsel gazların çözünmesi ile bu mikrokabarcıklar yok olurlar. Nanokabarcıklar ise bu haliyle aylarca durabilirler ve aniden patlamazlar. Nanokabarcıkların ara yüzeyinde buz ve gaz hidratlarındakine benzer güçlü hidrojen bağlarının bulunduğu ortaya konmuştur. Bu durum nanokabarcıkların azalmış difüzyon hızına sahip olmasına neden olur. Böylelikle nanokabarcıklar yüksek iç basınca karşı yeterli kinetik dengeyi sağlayabilirler (Agarwal ve ark. 2011).



Şekil 2.3. Makro, mikro ve nanokabarcıkların şematik gösterimi (Takahashi ve ark. 2007)

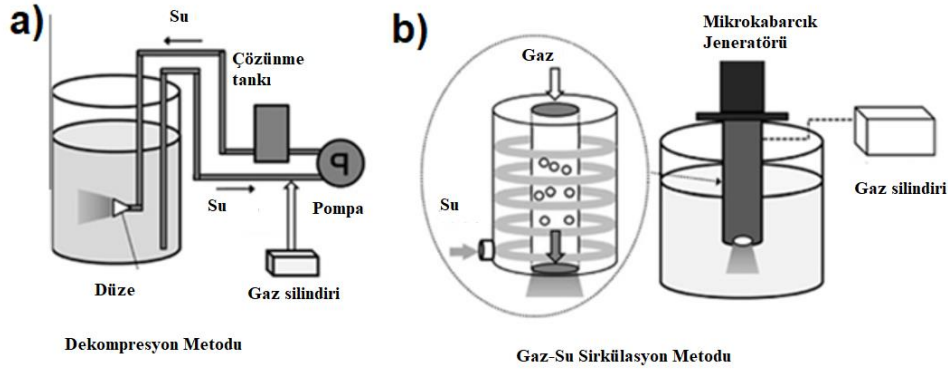
Sıvı-katı ara yüzeyi arasındaki nanokabarcıkların varlığı atomik kuvvet mikroskobu (AFM) gibi çeşitli teknikler ile ortaya konmuştur. Bu çalışmalar; kabarcıkların, yüksekliği 10 nm, çapı 100 nm olan küresel başlıklara benzediğini göstermiştir. Başlarda nanokabarcıkların yüksek yüzey gerilimine sahip olabileceği düşünülüyordu. Böylece, nanokabarcıkların oluşumundan sonra mikrosaniyeler içinde, gazın nanokabarcıklardan çıkabildiği belirtilmiştir. Fakat, uygun koşullar altında nanokabarcıklar çok uzun süre stabil ve serbest şekilde kalabilirler. Nanokabarcıkların

stabilitesinin yüksek olması, beklenenden daha düşük olan ara yüzey kavisinden kaynaklanır. Literatürde, küçük organik moleküllerin sıvı çözeltilerinde (örneğin tetrahidrofur, etanol, üre, vb.) nanokabarcık oluşumu da incelenmiştir (Jin, F. ve ark. 2007a, b).

2.8.1. Mikro ve nanokabarcık oluşum yöntemleri

Mikro ve nanokabarcıkların oluşumu, büyümesi ve yok olması genellikle kavitasyon olarak ifade edilir. Oluşum moduna göre kavitasyon genellikle akustik, hidrodinamik, optik ve parçacık kavitasyonu olmak üzere dört kategoride sınıflandırılır. Ultrasonik dalgaların pasajı ile başlatılan kavitasyona akustik kavitasyon; akan bir sıvı içindeki basınç varyasyonu ile oluşan kavitasyona ise hidrodinamik kavitasyon adı verilir. Akustik ve hidrodinamik kavitasyonlar çözeltide istenen fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olmakla birlikte; optik ve parçacık kavitasyonlarında çözeltilerin hacimsel özelliklerinde herhangi bir değişim yapmazlar.

Günümüzde, mikro ve nanokabarcık üretimi için bazı metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar arasında en çok kullanılanlar dekompresyon (decompression) ve gaz-su sirkülasyonu (gas-water circulation) yöntemleridir. Dekompresyon tipi üreticilerde, gaz çözünmesi için aşırı doymuş ortam 304-405 kPa gibi yüksek basınçlarda oluşturulur (Şekil 2.3.a). Böyle yüksek basınçlarda, aşırı doymuş gaz stabil değildir ve sudan kaçar. Sonuç olarak, çok sayıda kabarcık ani olarak oluşabilir. Fakat, gaz-su sirkülasyonu tipi üreticilerde, gaz su vorteksi içerisine verilir ve gaz kabarcıkları mikro veya nano kabarcıklara ayrılır (Şekil 2.3.b) (Ikeura ve ark. 2011). Bu kabarcıkların boyutu ve miktarı her tasarımda farklılıklar göstermektedir. İşlemlerin yapıldığı jeneratörlerin tasarımları çoğunlukla gizli tutulmakta ve patentle korunmaktadır.



Şekil 2.4. Dekompresyon ve gaz-su sirkülasyon metotları ile mikro ve nanokabarcık üretiminin şematik gösterimi (Ikeura ve ark. 2011)

Mikro ve nanokabarcıkların su yüzeyine yavaş hareketi nedeniyle su moleküllerinin hareketliliğini arttırması; endüstriyel pek çok uygulamada oldukça güzel sonuçların elde edilmesine sebep olmuştur (Anonim 2019g).

Mikro ya da nanokabarcıklar ile yapılan terbiye işlemlerinde özellikle yıkama prosesinde temas edilen tekstil yüzeyinin hasar görmeden ancak etkin bir şekilde yıkanması gerçekleşir. Dolayısıyla çok narin yüzeylerde bile yoğun ve yumuşak temizleme yapılabilir. Kumaşların boyama proseslerinde ise güçlü homojen bir dağılımın elde edilmesini sağlamaktadır.

Boyama veya bitim işlemlerinde farklı kimyasallar nanokabarcık teknolojisi kullanılarak lifin içerisine direkt olarak verilebilir. Tekstil yaş proseslerde nanokabarcık teknolojisinin kullanılmasını en büyük avantajı ise kullanılan su, kimyasal ve enerjiden tasarruf etmektir.

Ayrıca boyama veya bitim işlemlerinde farklı kimyasallar nanokabarcık teknolojisi kullanılarak lifin içerisine direkt olarak verilebilir.

Nanokabarcık ‘eFlow’ teknolojisi, ham giysilerin işlenmesini ve farklı kimyasalları mikro-nanokabarcık (MNB) kullanarak doğrudan liflerin içine girebilen kimyasal ürünler ile transfer edebilmektedir. Giysinin bitim işlemleri uygulanan teknolojilerde, kimyasalları çamaşır makinelerinin içindeki bir banyoya dağıtılmasına dayanmaktadır.

Bu nedenle, çok miktarda su, kimyasal madde ve enerji gereklidir. Fonksiyonel özelliklerin giysiye aktarılmasında yumuşatıcılar, kırılmaz reçineler, sıvı iticiler, antimikrobialer, boyalar vb. farklı kimyasal ürünler kullanılır.

Bu yenilikçi teknolojiyi kullanarak bu tür ürünlerin ıslak bir hava akışı ile mikro-nano kabarcıklar aracılığıyla liflere taşınması ve minimum miktarda su kullanımı ile giysilerle temas halinde olması sağlanmaktadır.

Endüstride kullanım alanları;

- Atık suların arıtılması
- Su kalitesinin iyileştirilmesi
- Sterilizasyon
- Dekolorizasyon
- Kirli Suyun Temizlenmesi sağlanmaktadır (Anonim 2019c).

Literatürde nanokabarcıkların katı yüzeylere adsorbe edilen proteinlerin önlenmesi ve uzaklaştırılması ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar proteinlerin çeşitli yüzeylere adsorpsiyonunun nanokabarcıklar tarafından inhibe edilebildiğini ve böylece yüzeylerin kirlenmesini önleyebildiğini göstermiştir (Wu ve ark. 2006, 2007). Örneğin, nanokabarcıklar mika yüzeyinde albümin adsorpsiyonunu engelleyebilir veya pirolitik grafitten ve altın yüzeylerden organik kirleticilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur (Wu ve ark. 2006, Wu ve ark. 2007, 2008, Liu ve ark. 2008). Son zamanlarda, nanokabarcıkların benzer temizleme etkisi de paslanmaz çelik yüzey üzerinde gözlenmiştir (Chen, 2009). Mikrokabarcıklarla birlikte yüksek frekanslı, düşük güçlü ultrason kullanımı, katı yüzeylere bakteri ve alg bağlanmasının kontrolünde büyük bir potansiyel göstermiştir (Broekman et al 2010).

Tian ve ark. 2010 yılında yaptıkları araştırmada, mm boyutlu hava kabarcıklarının; nehir suyu filtrasyonu için su içine batırılan içi boş liflerden oluşan membranların kirlenmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma, sürekli hava kabarcıklarının kirlenme kontrolünde aralıklı kabarcıklardan daha etkili olacağını göstermiştir. Sürekli kabarcıklanma durumunda, hava kabarcıkları membran işlemi sırasında membran

yüzeyini temizler ve böylece membran yüzeyinde konsantrasyon polarizasyonu ve kirlenme tabakası oluşma şansını azaltır. Ayrıca, küçük hava kabarcıklarının kirlenmeyi azaltmada daha etkili olduğu gözlenmiştir (Yeo ve ark. 2006; Van Kaam ve ark. 2008; Zarragoitia-González ve ark. 2008; Cornelissen ve ark. 2009).

2.9. Literatür Çalışmaları

Mikro ve nanokabarcıkların başlıca uygulama alanı atık su arıtımı üzerinedir. Çalışmalarda daha çok ozon ile kombine edilmiş sistemler dikkat çekmektedir (Chu ve ark. 2007).

Tekstilde hava ve süspansiyonlu su ile yapılan yenilikçi uygulamaların son dönemlerde hem uygulama alanı hem de proseslerin değişikliği bakımından arttığı gözlemlenmektedir.

Bui ve Han (2020), çalışmalarında; nanokabarcık, ultrasonik nanokabarcık ve nanokabarcık/hidrojen peroksit kombinasyonlarının renk sökme üstündeki etkilerini incelemişlerdir. Nanokabarcık sistemleri ile yapılan renk giderme işlemlerinin konvansiyonel işlemlere göre daha efektif olduğu sonuçlarına varılmıştır. Ultrasonik nanokabarcıklar ve nanokabarcıklar/hidrojen peroksit kombinasyonu ile oluşturulan sistemlerde sırasıyla 30 dakika ve 60 dakika sonra boya gideriminin %90'ından fazlası elde edilmiştir. Nanokabarcık sistemlerinin atık suların renginin giderilmesi için güvenilir bir kanıt olduğu bildirilmiştir. Nanokabarcıkların atık suyu renksizleştirme süresinin, kabarcıkların yüzeye ulaşma hızına bağlı olduğu belirtilmiştir. Genel olarak, bu teknik ile kabarcıklar ve boyalar arasındaki yüzey yükü etkileşimi ve reaktif türlerin oksidasyonu, rengin atık sudan ayrılması hedeflenmektedir.

Ushida ve ark. (2012), nanobubble ve mikro bubble işleminin yıkama hızına etkisi üzerine yaptıkları çalışmada; konvansiyonel işleme göre bubble kullanımının yıkama hızı değişimi konusunda yol gösterici olduğunu belirtmişlerdir. Ortalama partikül çapı 80 nm olan nano-kabarcıklar ile su enjekte edilerek hazırlanan nano-kabarcık suyu, nano-kabarcıksız sudan yaklaşık %5 daha yüksek bir yıkama oranı sergilemiştir.

Bununla birlikte, nanokabarcıklı suyun yüzey gerilimi nanokabarcıksız suya göre %10 daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Chu ve ark. (2007), ozon gazı ile mikro kabarcık teknolojisini beraber kullanmışlardır. Ozonun kütle aktarım hızını ve sentetik CI Reaktif Siyah 5 atık suyunun ozon oksidasyonunu arttırmak için mikro-kabarcık teknolojisi uygulanan çalışmada; sentetik boyarmadde atık sularının arıtılması için kütle transferi, renk giderimi, mineralizasyon ve ozon birikimi sonuçları için mikro-kabarcık sisteminin kullanılması, ozonun hem kütle transferini hem de oksidasyonunu arttırmak için önemli bir süreç olduğu belirtilmiştir. Deney sonuçları mikrokabarcık sisteminde $\cdot\text{OH}$ radikallerinin arttığını göstermiştir. Araştırmalar vakum UV ışınlanması ile üretilen $\cdot\text{OH}$ radikallerin; $\cdot\text{OH}$ radikallerin olmadığı konvansiyonel ozon sistemine göre su ve atık sudaki organik bileşenlerin hızlı oksidasyonuna neden olduğunu göstermektedir.

Akira ve Mizuki (2006), nanokabarcık ile ilgili yapılan patent çalışmasında nanokabarcıkların kaldırma kuvvetinin azalması, yüzey alanının ve yüzey aktivitesinin artırılması, yerel bir yüksek basınç alanının oluşturulması, ara yüz aktivasyon etkisi ve elektrostatik sayesinde sterilize etme gibi özelliklere sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu özellikler arasındaki ilişkilendirme ile mevcut bileşenlerinin adsorbe edilmesi ile nesnelerin sterilizasyonu ve atık suların arıtılması gibi işlemler yapılabildiği belirtilmiştir.

Zine firması tarafından yapılan çalışmada “Nanobubble eFlow” uygulaması ile kimyasal ürünlerin %50'ye kadar tasarruf, su tüketiminin %86'sında azalma, enerji tüketiminin %44 oranında azaltılması ve atık suyun %97'sinin giderilmesi sonuçları alınmıştır. (Anonim 2019c)

Son yıllarda, çok reaktif serbest radikaller üretebilme yeteneklerinden dolayı mikro ve nanokabarcıkların atık su üretiminde kullanımları önem kazanmıştır. Son zamanlarda mikro ve nanokabarcıklar suyun detoksifikasyonunda kullanılmaktadır (Yamasaki ve ark. 2010). Özellikle hava ile azot mikrokabarcık ve nanokabarcıkların aerobik ve anaerobik mikroorganizmaların aktivitesini arttırdığı belirtilmiştir. Sonuçlar azot mikro

veya nanokabarcıkların sadece atık su arıtımında değil, aynı zamanda insan atık arıtımı fermantasyonunda da kullanılabilceğini ortaya koymuştur. Mikro ve nanokabarcıkların kimyasal reaksiyonları katalize ettiği ve detoksifikasyon verimliliğini arttırdığı gözlenmiştir.

Suyun ön işleme tabi tutulmasındaki asıl amaç; suyun kalitesini arttırmak ve mevcut maliyetleri azaltmaktır. Bu amaçla, su; hava mikro veya nanokabarcıklar ile ön işleme tabi tutulur. Böylece, su/atık su işleme alanlarının büyüklüğü azaltılır ve suyun kalitesi arttırılır (Yamasaki ve ark. 2009, 2010).

Takahashi ve ark. (2007b), sulu çözeltilerdeki fenolün, dinamik uyaran eksikliğinde hava mikrokabarcıklar ile dekompozisyonunu araştırmıştır. Herhangi bir asit eklemesi olmadan, 1,5 mM fenol çözeltisi hava mikrokabarcıklarına maruz bırakıldığında, fenol konsantrasyonunda herhangi bir değişim görülmemiştir. Fakat, fenol çözeltisine nitrik, sülfirik veya hidroklorik asit gibi bir asit eklendiğinde, fenolün %30'u dekompoze olmuş ve hidrokinon, benzokinon, formik asit ve oksalik asit tespit edilmiştir.

Walker ve ark (2001) tarafından benzen, tolüen, etilbenzen ve ksilen karışımların farklı tuz konsantrasyonlarında ozonlanması araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçları, mikrokabarcıkların kütle transfer verimliliğini ve çözülebilir organiklerin simüle deniz suyundan uzaklaştırılmasını arttırdığını göstermiştir.

Tasaki ve ark. (2009a), vakum UV ışınlamaları altında yüzey aktif cisimlerin ve yüzey aktif olmayan maddelerin bozulmasında nanokabarcıkların kritik rolü araştırılmıştır. 720 nm büyüklüğündeki nanokabarcıklarla sodyum dodesilbensülfonatın mineralizasyon hızının, mikrokabarcıklara göre çok daha hızlı olduğu bulunmuştur.

Mikrokabarcıklarla yüksek derecede reaktif serbest radikaller ve türbülans üretimi, su dezenfeksiyonu için büyük bir potansiyel sağlar. Araştırmalar, hidrodinamik kaviteasyonun akustik kaviteasyona kıyasla su dezenfeksiyonu için çok uygun maliyetli bir teknik olduğu göstermiştir. Bununla birlikte, Jyoti ve Pandit'in 2001 yılında yaptıkları laboratuvar ölçekli çalışma, su dezenfeksiyonu için hidrodinamik kaviteasyon

maliyetinin hala geleneksel klorlama ve ozonlamadan daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Suyun dezenfeksiyonunda mikrokabarcıkların yanı sıra nanokabarcıkların kullanımı da araştırılmıştır. Chen 2009 yılında, yüzme havuzları içerisinde patojen büyümesini önlemek için ozon nanokabarcıklarla dolu suyun kullanımını araştırmıştır. Bu amaçla, ortaya bir banyo, bir rezervuar ve iki sikülasyon sisteminden oluşan bir yapı oluşturmuştur. Bu yapıda dolaşım sistemleri banyo ve rezervuara oksijen ve ozon jeneratörü ile bağlanır. Her bir sirkülasyon sistemi, çözünmüş oksijen ve ozondan serbest radikallerin ve anyonların üretilmesini sağlayan yüksek basınçlı emülsiyonlaştırma cihazı ile donatılmıştır. Araştırmada, banyo ve rezervardaki ozon miktarı, sırasıyla 0.5-5 ve 0.2-0.5 mg L aralığında tutulmuş ve yüksek basınçlı emülsiyonlaştırma cihazı tarafından sağlanan 304-1013 kPa'lık bir basınçta, ozon hızla suya çözülerek 10-20 nm arasında büyüklüğe sahip ozon nanokabarcıkları üretilmiştir. Çalışmanın sonunda nanokabarcıkların banyo ile rezervuarı temizlemek ve dezenfekte etmek için geleneksel yöntemlerden daha etkili bir araç olduğu ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İplikler

Çalışmada aynı üretim hattından çıkan aynı hammaddeye sahip 400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m olmak üzere 3 farklı tura sahip 100 denye, 150 denye ve 270 denye incelikleri olan 9 farklı poliester ipliği kullanılmıştır.

3.1.2. Kimyasal maddeler

Çalışmada kullanılan etoksile yağ asitleri ve aromatik sülfonatlar karışımı olan RUCOGAL STAR dispergatör/egalizatörü, organik ve inorganik asit karışımı olan RUCO-ACID ATC asit tamponu ve organik kükürt esaslı olan RUCORIT RGI indirgen yıkama maddesi Rudolf-Duraner firmasından temin edilmiştir. Redüktif yıkamalarda kullanılan kostik ise Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarından temin edilmiştir.

3.1.3. Boyarmaddeler

Boyamada kullanılan DURAPERS BLUE E2 BLN (CI Blue 56 küçük molekülü) ve DURAPERS DARK BLUE S3RT (CI Blue 148 büyük molekülü) boyarmaddeleri Duraner Boya ve Kimyevi Maddeleri firmasından temin edilmiştir.

3.1.4. Makineler

Farklı özelliklere sahip olan poliester iplikleri numune çorap örme makinesinde örüldükten sonra Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında boyama ve redüktif yıkama işlemleri tamamlanmıştır.

Numune çorap örme makinesi

Farklı özelliklere sahip olan poliester iplikleri Faycon CKM-01-S marka numune çorap örme makinesinde örülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Numune yuvarlak örgü makinesi

Numune kumaş boyama makinesi

Termal Laboratuvar Aletleri marka numune kumaş boyama makinesi 20 tüp kapasitesine sahip olup tüplerin bulunduğu kabin, kimyasal maddelerden zarar görmeyen paslanmaz çelik saçtan imal edilmiştir. Makine ekranına istenilen program yazılarak kontrol edilmektedir. Kumaşların tüm boyamaları ve daha sonraki adımı olan redüktif yıkamaları bu makinede yapılmıştır.



Şekil 3.2. Numune kumaş boyama makinesi

Hava ve oksijen süspansiyonlu su jeneratörü

BST Water Nanobubble markalı hava ve oksijen süspansiyonlu su jeneratörü ile basınç boşaltılarak su ve gazın sirkülasyonuna bağlı olarak içerisindeki nanokabarcıkların oluşumu sağlanır. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama yapılmadan önce bu metot ile çalışacak olan tüm sular bu makinede üretilip daha sonrasındaki çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Hava ve oksijen süspansiyonlu su üretim makinesi

3.2. Yöntem

Farklı iplik özelliklerine sahip poliester kumaşların hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada öncelikle 400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m olmak üzere 3 farklı tura sahip 100 denye, 150 denye ve 270 denye incelikleri olan 9 farklı poliester iplikleri örülmüştür. Daha sonrasında işletme şartlarında kullanılan su ile hava ve oksijen süspansiyonlu su kullanılarak küçük ve büyük molekülü iki farklı boyarmaddeyle %1'lik ve %4'lük olmak üzere iki farklı konsantrasyonlarda ve her kumaşın 3'er tekrarları olacak şekilde boyanmasıyla toplamda 216 adet kumaş elde edilmiştir. Boyama sonrasında yapılan renk okutma ile yıkama ve sürtmeye karşı renk haslıkları standartlara göre testleri yapılarak çıkan sonuçlarla konvansiyonel yöntem ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun aralarındaki avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

3.2.1. Kumaşların elde edilmesi

400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m olmak üzere 3 farklı tura sahip 100 denye, 150 denye ve 270 denye numaralarına sahip iplikler Faycon CKM-01-S marka çorap örme makinesinde örülmüştür.

3.2.2. Hava ve oksijen süspansiyonlu su elde edilmesi

BST Water Nanobubble markalı hava ve oksijen süspansiyonlu su jenaratöründe suyun basıncı 20 psi, havanın basıncı 100–120 psi ve hava debisi de 3 lpm (Lpm) olarak ayarlanıp hava ve oksijen süspansiyonlu su elde edilmiştir. Daha sonrasında hava ve süspansiyonlu su ile yapılacak olan boyama ve yıkamalarda burada üretilen su kullanılmıştır.

3.2.3. Kumaşların boyanması

400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m olmak üzere 3 farklı tura sahip 100 denye, 150 denye ve 270 denye iplikten örülmüş kumaşlar 10 g'lık parçalar halinde aşağıda belirtilen

reçetelere göre 3'er tekrarlı olacak şekilde boyanıp daha sonrasında redüktif yıkamaları yapılmıştır.

Konvansiyonel yöntem ile boyanma

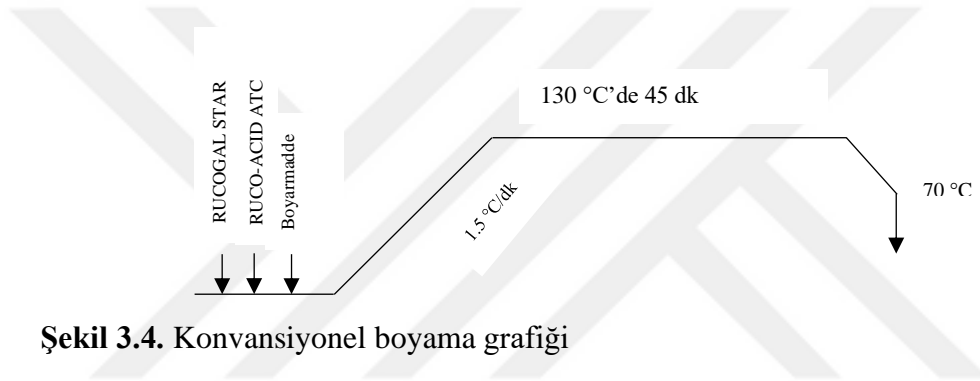
1 g/l RUCOGAL STAR (dispergatör/egalizatör)

1 g/l RUCO-ACID ATC (asit tampon)

%1 ve %4 Boyarmadde

pH 4 – 4.5

Flotte oranı: 1:10

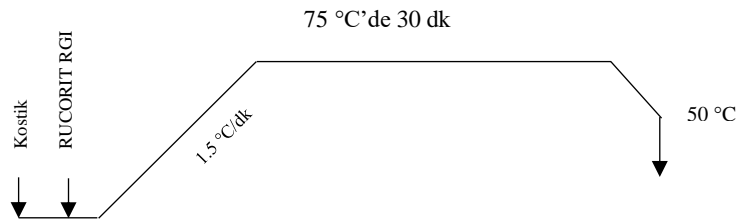


Yıkama reçetesi

2 g/l RUCORIT RGI (indirgen yıkayıcı)

2 g/l kostik

Flotte oranı: 1:10



Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanma

Kumaşların hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanması yapılırken boyama ve yıkama adımlarında hava ve oksijen süspansiyonlu su jeneratöründe üretilen su ile çözeltiler hazırlanmıştır.

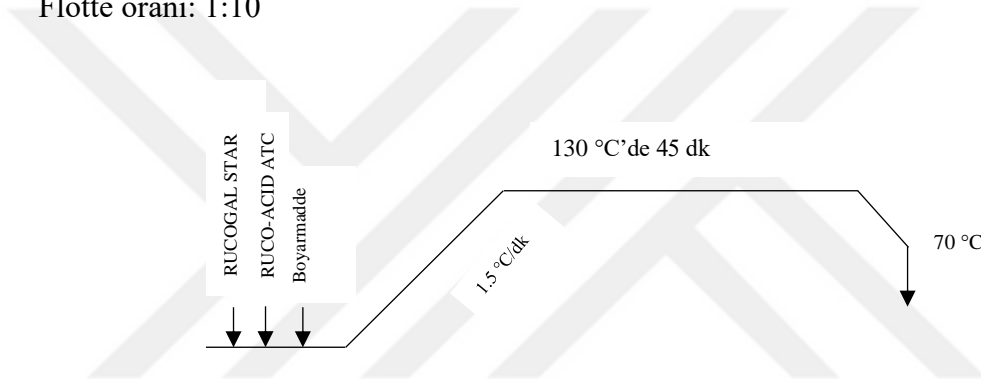
1 g/l RUCOGAL STAR (dispergatör/egalizatör)

1 g/l RUCO-ACID ATC (asit tampon)

%1 ve %4 Boyarmadde

pH 4 – 4.5

Flotte oranı: 1:10



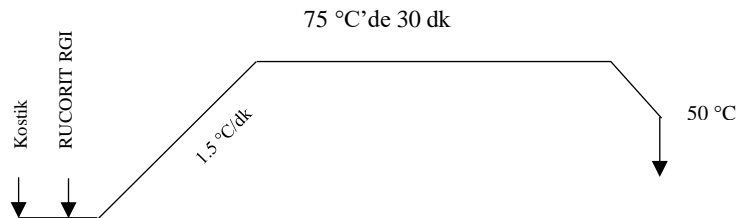
Şekil 3.6. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanma grafiği

Yıkama reçetesi

2 g/l RUCORIT RGI (indirgen yıkayıcı)

2 g/l kostik

Flotte oranı: 1:10



Şekil 3.7. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanma için redüktif yıkama grafiği

3.2.4. Uygulanan testler ve analizler

Boyamaları yapılmış kumaşların yıkama haslığı, sürtmeye karşı renk haslığı ve renk ölçümleri Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır.

Tüm kumaşlar yıkama haslığı ve sürtmeye karşı renk haslığı yapılmadan önce TS ISO 139 standardına göre $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklıkta $\%65 \pm 4$ bağıl nem ortamında kondisyonlanarak numunelerin izafi neminin korunması sağlanmıştır. Numuneler hava alabilen bir dolap içerisinde 24 saat kondisyona bırakılıp sonrasında testler uygulanmıştır.

TS EN ISO 105-12 standart test metodunun uygulanması

TS EN ISO 105-12 test metodu ile yapılan sürtmeye karşı renk haslığı konvansiyonel yöntem ile hem de hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama yapılmış numunelere James H. Heal marka Crockmeter cihazında uygulanmıştır. Test sonuçları Color Mission programının içinde bulunan sürtme haslığı ölçüm bölümünde gri skalaya göre ölçülmüştür.



Şekil 3.8. James H. Heal marka Crockmeter

TS EN ISO 105 C06 standart test metodunun uygulanması

Yıkama haslığı testi hem konvansiyonel yöntem ile hem de hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama yapılmış numunelere TS EN ISO 105 C06 test metodu standardının Çizelge 4 A1S programına göre yapılmıştır. Yıkama sonrasında kuruyan

numunelerin renkleri Color Mission programının içinde bulunan yıkama haslığı ölçüm bölümünde gri skalaya göre ölçülmüştür. Yıkama haslığı yapılırken laboratuvardaki TEST Laboratuvar Cihazları 412 NB HT makinesi kullanılmıştır.



şekil 3.9. TEST 412 NB HT yıkama makinesi

Renk ölçümleri

Kumaşların renk ölçümleri 360-740 nm dalga boyları arasında ölçüm yapabilen Konica Minolta CM-3600D spektrofotometresinde (D65-10) Argetek Color Mission v.3.4.1 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Her bir numunenin farklı bölgelerinden 4 ölçüm alınmıştır.



şekil 3.10. Konica Minolta CM-3600D spektrofotometresi

3.3. Test Sonuçlarını Değerlendirme Yöntemleri

Farklı iplik özelliklerine sahip poliester kumaşların konvansiyonel hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metotlarının, iplik numarasının, iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisini incelenmesi amacıyla yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistik programı ve varyans analizi metotları ayrı ayrı verilmiş ve aşığıda maddeler halinde açıklanmıştır.

3.3.1. 'de konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisini ölçmek için yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistik programları ve varyans analizi metotları verilmiştir.

3.3.2.'de boyarmadde büyüklüğünün iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisini ölçmek için yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistik programları ve varyans analizi metotları verilmiştir.

3.3.3.'de boyama konsantrasyonunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerin etkileri etkisini ölçmek için yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistik programları ve varyans analizi metotları verilmiştir.

3.3.1. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisi

Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisini ölçmek için yapılan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde iki faktörlü tesadüfi dağılımlı varyans analizi metodu kullanılmıştır.

Varyans analizinin gerçekleştirilmesinde 100 denye, 150 denye ve 270 denye numaralarına sahip 400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m bükümleri olan ipliklerden elde edilen kumaşlar için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Bu programda verilere ait varyans analizi sonucunda bulunan, F-istatistik (Fs) değerleri; I.tip hata $\alpha = 0.05$ (%95 güven aralığı) için bulunan $F_{0.05,t}$ tablo değerleri ile karşılaştırılmış ve buna göre etkisi olan özelliklerin önem durumları belirlenmiştir. $F_s > F_{0.05,t}$ olduğu durumlarda, faktör seviyeleri arasında SNK (Student- Newman- Keuls) testine başvurulmuştur.

Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisi ile ilgili olarak gerçekleştirilen varyans analizlerine ve SNK testlerine ait ayrıntılı SPSS istatistik programı varyans analizi sonuçları Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Matematiksel model;

Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu için;

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + H_j + (BH)_{ij} + e_{ijk}$$

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)

B_i : İplik numarasının etkisi

H_j : İplik büküm miktarı etkisi

$(BH)_{ij}$: İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kesişiminin etkisi

e_{ijk} : Gözlemde bulunan tesadüfi hata

Kullanılan H_0 hipotezleri:

H_{01} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{02} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{03} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

Kullanılan H_A hipotezleri:

H_{A1} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A2} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A3} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

3.3.2. Boyarmadde molekül büyüklüğünün iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisi

Boyarmadde molekül büyüklüğünün, iplik numarası ve iplik büküm miktarının, kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisini ölçmek için yapılan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde iki faktörlü tesadüfi dağılımlı varyans analizi metodu kullanılmıştır.

Varyans analizinin gerçekleştirilmesinde 100 denye, 150 denye ve 270 denye numaralarına sahip 400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m bükümleri olan ipliklerden elde edilen kumaşlar için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Bu programda verilere ait varyans analizi sonucunda bulunan, F-istatistik (F_s) değerleri; I.tip hata $\alpha = 0.05$ (%95 güven aralığı) için bulunan $F_{0.05,t}$ tablo değerleri ile karşılaştırılmış ve buna göre etkisi olan özelliklerin önem durumları belirlenmiştir. $F_s > F_{0.05,t}$ olduğu durumlarda, faktör seviyeleri arasında SNK (Student- Newman- Keuls) testine başvurulmuştur.

Boyarmadde molekül büyüklüğünün iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerin etkisi ile ilgili olarak gerçekleştirilen varyans analizlerine ve SNK testlerine ait ayrıntılı SPSS istatistik programı varyans analizi sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizinin matematiksel modeli ve kullanılan hipotezler şu şekildedir:

Matematiksel model;

Küçük boyarmadde molekülü ve büyük boyarmadde molekülü için

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + H_j + (BH)_{ij} + e_{ijk}$$

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)

B_i : İplik numarasının etkisi

H_j : İplik büküm miktarı etkisi

$(BH)_{ij}$: İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kesişiminin etkisi

e_{ijk} : Gözlemde bulunan tesadüfi hata

Kullanılan H_0 hipotezleri:

H_{01} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{02} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{03} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

Kullanılan H_A hipotezleri:

H_{A1} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A2} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A3} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

3.3.3. Boyama konsantrasyonunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisi

Boyama konsantrasyonunun iplik numarası ve iplik büküm miktarının kumaşların boyama ve haslık özelliklerin etkisini ölçmek için yapılan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde iki faktörlü tesadüfi dağılımlı varyans analizi metodu kullanılmıştır.

Varyans analizinin gerçekleştirilmesinde 100 denye, 150 denye ve 270 denye numaralarına sahip 400 tur/m, 600 tur/m ve 800 tur/m bükümleri olan ipliklerden elde edilen kumaşlar için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Bu programda verilere ait varyans analizi sonucunda bulunan, F-istatistik (Fs) değerleri; I.tip hata $\alpha = 0.05$ (%95 güven aralığı) için bulunan $F_{0.05,t}$ tablo değerleri ile karşılaştırılmış ve buna göre etkisi olan özelliklerin önem durumları belirlenmiştir. $F_s > F_{0.05,t}$ olduğu durumlarda, faktör seviyeleri arasında SNK (Student- Newman- Keuls) testine başvurulmuştur.

Boyama konsantrasyonunun, iplik numarası ve iplik büküm miktarının, kumaşların boyama ve haslık özelliklerine etkisi ile ilgili olarak gerçekleştirilen varyans analizlerine ve SNK testlerine ait ayrıntılı SPSS istatistik programı varyans analizi sonuçları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizinin matematiksel modeli ve kullanılan hipotezler şu şekildedir:

Matematiksel model;

%1 ve %4 boyama konsantrasyonları için

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + H_j + (BH)_{ij} + e_{ijk}$$

μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)

B_i : İplik numarasının etkisi

H_j : İplik büküm miktarı etkisi

$(BH)_{ij}$: İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kesişiminin etkisi

e_{ijk} : Gözlemde bulunan tesadüfi hata

Kullanılan H_0 hipotezleri:

H_{01} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{02} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

H_{03} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi yoktur.

Kullanılan H_A hipotezleri:

H_{A1} : İplik numarasın incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A2} : İplik büküm miktarının incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.

H_{A3} : İplik numarasın ve iplik büküm miktarının kesişiminin incelenen özellik üzerinde etkisi vardır.



4. BULGULAR

4.1. Yıkama Haslığı Sonuçları

Çizelge 4.1. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların yıkama haslığı sonuçları

İplik numarası	İplik bükümü	Boyarmadde molekül büyüklüğü	Boyama konsantrasyonu	Multifiber Kumaş					
				CA	CO	PA	PES	PAN	WO
100 denye	400 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	4/5	4/5	5	4/5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	4/5	5	5	5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	5	5	5	5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	4/5	5	5	5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	5	5	5	5
150 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	4/5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	5	5	5	4/5
270 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	4/5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	4/5	5	5	4/5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	4/5

Çizelge 4.2. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların yıkama haslıği sonuçları

İplik numarası	İplik bükümü	Boyarmadde molekül büyüklüğü	Boyama konsantrasyonu	Multifiber Kumaş					
				CA	CO	PA	PES	PAN	WO
100 denye	400 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	4/5	4/5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	4/5	5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	4/5
			%4	5	5	5	5	5	5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	5	5	4/5	4/5	4
			%4	4/5	5	5	4/5	5	4/5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	5	5	5
	800 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	5	4/5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	5	5	5
150 denye	400 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	5	5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	5	5	4/5
		Büyük	%1	4	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	5
	600 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	5	5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	5	5	4/5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	5	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	%1	4/5	5	5	4/5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	5	5	5
270 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	4/5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	4/5
		Büyük	%1	5	5	5	4/5	5	5
			%4	4/5	5	4/5	5	5	5
	600 tur/m	Küçük	%1	4	5	5	4/5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	4
		Büyük	%1	4	5	5	5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	%1	4	5	5	5	5	5
			%4	4/5	5	5	4/5	5	4/5
		Büyük	%1	4/5	5	5	5	5	4/5
			%4	4/5	5	5	5	5	4

4.2. Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Sonuçları

Çizelge 4.3. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların sürtmeye karşı renk haslığı sonuları

İplik numarası	İplik bkm	Boyarmadde molekl byklğ	Boyama konsantrasyonu	Srtme yntemi	
				Kuru	Yaş
100 denye	400 tur/m	Kk	% 1	5	5
			% 4	4/5	5
		Byk	% 1	5	5
			% 4	5	5
	600 tur/m	Kk	% 1	5	5
			% 4	5	5
		Byk	% 1	5	5
			% 4	5	5
	800 tur/m	Kk	% 1	5	5
			% 4	5	5
		Byk	% 1	5	5
			% 4	5	5
150 denye	400 tur/m	Kk	% 1	5	4/5
			% 4	5	5
		Byk	% 1	5	4/5
			% 4	5	5
	600 tur/m	Küçük	% 1	5	4/5
			% 4	5	4/5
		Büyük	% 1	5	5
			% 4	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	% 1	5	4/5
			% 4	5	4/5
		Büyük	% 1	5	4/5
			% 4	5	4/5
270 denye	400 tur/m	Küçük	% 1	5	4/5
			% 4	5	5
		Büyük	% 1	5	4/5
			% 4	5	5
	600 tur/m	Küçük	% 1	5	4/5
			% 4	5	4/5
		Büyük	% 1	5	5
			% 4	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	% 1	5	5
			% 4	5	5
		Büyük	% 1	5	4/5
			% 4	5	5

Çizelge 4.4. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların sürtmeye karşı renk haslığı sonuçları

İplik numarası	İplik bükümü	Boyarmadde molekül büyüklüğü	Boyama konsantrasyonu	Sürtme yöntemi	
				Kuru	Yaş
100 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	4/5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	4/5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5
150 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	4/5
		Büyük	%1	5	5
			%4	5	5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	4/5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	5
270 denye	400 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	4/5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5
	600 tur/m	Küçük	%1	5	4/5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	5
	800 tur/m	Küçük	%1	5	5
			%4	5	5
		Büyük	%1	5	4/5
			%4	5	4/5

4.3. Renk Değerleri Sonuçları

Çizelge 4.5. Konvansiyonel yöntemle boyanmış kumaşların renk değerleri

İplik numarası	İplik bükümü	Boyarmadde molekül büyüklüğü	Boyama konsantrasyonu	CieLab-K/S (Renk Değerleri)			
				L*	a*	b*	K/S
100 denye	400 tur/m	Küçük	%1	41.7	-3.13	-38.15	10.82
			%4	26.35	7.71	-39.33	25.19
		Büyük	%1	31.38	8.73	-38.25	14.79
			%4	17.97	13.99	-30.16	27.74
	600 tur/m	Küçük	%1	41.19	-2.89	-37.98	11.01
			%4	23.79	8.91	-37.59	28.08
		Büyük	%1	29.13	9.1	-37.18	17.2
			%4	16.25	13.08	-28	31.9
	800 tur/m	Küçük	%1	39.9	-2	-38.47	11.74
			%4	23.53	9.03	-37.59	28.77
		Büyük	%1	29.61	8.69	-36.86	16.4
			%4	16.76	12.85	-28.62	31.69
150 denye	400 tur/m	Küçük	%1	39.98	-2.05	-39.27	12.46
			%4	23.29	10.6	-37.71	26.33
		Büyük	%1	29.19	9.81	-38.35	17.33
			%4	16.92	12.7	-26.41	26.79
	600 tur/m	Küçük	%1	39.34	-2.63	-38.01	12.68
			%4	22.53	10.47	-36.84	27.74
		Büyük	%1	27.97	9.76	-37.61	19.01
			%4	16.77	12.1	-25.18	27.42
	800 tur/m	Küçük	%1	38.12	-1.84	-38	13.59
			%4	22.79	10.19	-36.5	26.63
		Büyük	%1	27.82	10.02	-37.33	18.47
			%4	15.62	10.74	-22.37	29.13
270 denye	400 tur/m	Küçük	%1	39.73	-2.49	-38.92	12.87
			%4	23.34	10.46	-38.13	27.26
		Büyük	%1	28.93	9.94	-38.27	17.6
			%4	16.49	12.28	-25.35	27.91
	600 tur/m	Küçük	%1	37.38	-1	-39.43	15.09
			%4	22.28	10.88	-36.96	27.74
		Büyük	%1	27.23	10.29	-37.55	19.76
			%4	16.46	11.44	-23.72	27.42
	800 tur/m	Küçük	%1	35.36	-0.12	-39.11	17.06
			%4	20.26	11.07	-34.48	30.06
		Büyük	%1	26.42	10.66	-37.18	20.47
			%4	15.46	9.76	-20.23	28.59

Çizelge 4.6. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyanmış kumaşların renk değerleri

İplik numarası	İplik bükümü	Boyarmadde molekül büyüklüğü	Boyama konsantrasyonu	CieLab-K/S (Renk Değerleri)			
				L*	a*	b*	K/S
100 denye	400 tur/m	Küçük	% 1	41.7	-3.13	-38.15	10.82
			% 4	24.27	9.57	-39.74	30.15
		Büyük	% 1	30.57	9.05	-37.92	15.59
			% 4	17.56	14.24	-30.28	28.93
	600 tur/m	Küçük	% 1	40.1	-2.55	-38.05	12.02
			% 4	22.68	10.14	-38.41	32.05
		Büyük	% 1	29.54	9.26	-37.6	16.79
			% 4	15.57	13.57	-28.3	34.39
	800 tur/m	Küçük	% 1	38.68	-2.12	-37.65	13.08
			% 4	21.75	10.29	-37.73	34.42
		Büyük	% 1	28.49	9.41	-37.12	18.16
			% 4	15.48	13.19	-27.69	34.31
150 denye	400 tur/m	Küçük	% 1	39.7	-2.45	-38.92	12.95
			% 4	22.25	11.42	-38.26	30.14
		Büyük	% 1	28.79	10.09	-38.47	17.96
			% 4	16.66	13.01	-26.67	28.61
	600 tur/m	Küçük	% 1	37.94	-1.54	-38.9	14.53
			% 4	21.54	11.66	-37.88	31.86
		Büyük	% 1	27.97	10.36	-38.18	18.99
			% 4	15.8	12.04	-24.79	30.14
	800 tur/m	Küçük	% 1	37.23	-1.15	-38.92	15.16
			% 4	20.32	11.76	-36.06	32.21
		Büyük	% 1	25.8	10.94	-37.08	21.62
			% 4	15.57	10.91	-22.19	29.4
270 denye	400 tur/m	Küçük	% 1	39.15	-2.43	-38.72	13.4
			% 4	22.26	11.57	-37.92	28.77
		Büyük	% 1	28.88	10.48	-39.06	17.96
			% 4	16.31	12.71	-25.74	28.71
	600 tur/m	Küçük	% 1	37.61	-1.51	-39.12	14.94
			% 4	21.66	11.99	-37.26	28.8
		Büyük	% 1	27.74	10.93	-38.56	19.05
			% 4	15.95	11.39	-22.94	28.27
	800 tur/m	Küçük	% 1	34.57	-0.0005	-38.68	17.94
			% 4	19.33	12.03	-34.5	32.36
		Büyük	% 1	25.1	11.39	-37.23	22.77
			% 4	14.89	9.72	-19.64	30.22

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun ve iplik özelliklerinin kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi

Çizelge 5.1 Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun, iplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların haslık ve renk değerlerine etkisini gösteren varyans analiz tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önemi	
Metot	CA	10.667	1	10.667	173.887	0.000
	CO	0.019	1	0.019	1.778	0.185
	PA	0.116	1	0.116	5.556	0.020
	PES	1.671	1	1.671	49.793	0.000
	PAN	0.723	1	0.723	28.409	0.000
	WO	0.667	1	0.667	6.400	0.012
	Kuru	0.094	1	0.094	5.786	0.017
	Yaş	0.167	1	0.167	3.692	0.057
	K/S	163.908	1	163.908	438.489	0.000
	L*	32.310	1	32.310	236.439	0.000
	a*	15.243	1	15.243	326.559	0.000
	b*	0.430	1	0.430	3.623	0.059
İplik numarası	CA	0.257	2	0.128	2.094	0.127
	CO	0.016	2	0.008	0.778	0.461
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.016	2	0.008	0.241	0.786
	PAN	0.063	2	0.031	1.227	0.296
	WO	1.465	2	0.733	7.033	0.001
	Kuru	0.100	2	0.050	3.071	0.049
	Yaş	0.627	2	0.314	6.949	0.001
	K/S	24.172	2	12.086	32.332	0.000
	L*	169.615	2	84.807	620.607	0.000
	a*	18.092	2	9.046	193.797	0.000
	b*	96.027	2	48.013	404.329	0.000
İplik bükümü	CA	0.090	2	0.045	0.736	0.481
	CO	0.044	2	0.022	2.111	0.125
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.009	2	0.005	0.138	0.871
	PAN	0.021	2	0.010	0.409	0.665
	WO	0.194	2	0.097	0.933	0.396
	Kuru	0.002	2	0.001	0.071	0.931
	Yaş	0.086	2	0.043	0.949	0.390
	K/S	250.870	2	125.435	335.564	0.000
	L*	186.126	2	93.063	681.021	0.000
	a*	0.582	2	0.291	6.233	0.003
	b*	137.785	2	68.892	580.155	0.000

Bu kısımda konvansiyonel yöntem ile hava ve süspansiyonlu su ile boyama yönteminin ve iplik özelliklerinin (iplik numarası ve iplik büküm miktarı) kumaşların haslık özelliklerine ve renk değerlerine etkisi Çizelge 5.1 de verilen varyans analizi tablosu, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4’ de verilen SNK test sonuçları ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1’de verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde iki farklı boyama metodunun kumaşların yıkama haslığı değerlerine etkisinin CA, PES ve PAN multifiberlar için önemli olduğu CO, PA ve WO multifiberlar için önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.2. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun ve iplik özelliklerinin kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları

Konvansiyonel yöntem						
Faktör	CA	CO	PA	PES	PAN	WO
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.9444 (1)	4.9861 (1)	4.9167 (1)	4.9861 (1)	5.0000 (1)	4.8889 (3)
150 denye	4.9583 (1)	4.9722 (1)	4.8611 (1)	4.9583 (1)	5.0000 (1)	4.7222 (2)
270 denye	4.9306 (1)	5.0000 (1)	4.8750 (1)	5.0000 (1)	4.9861 (1)	4.5972 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.9306 (1)	4.9722 (1)	4.8889 (1)	4.9561 (1)	5.0000 (1)	4.7083 (1)
600 tur/m	4.9583 (1)	5.0000 (1)	4.8889 (1)	4.9722 (1)	4.9861 (1)	4.7361 (1)
800 tur/m	4.9444 (1)	4.9861 (1)	4.8750 (1)	4.9861 (1)	5.0000 (1)	4.7639 (1)
Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile yöntem						
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.5556 (1)	4.9861 (1)	4.9167 (1)	4.8194 (1)	4.8333 (1)	4.6806 (1)
150 denye	4.5278 (1)	4.9861 (1)	4.9306 (1)	4.8333 (1)	4.8750 (1)	4.6250 (1)
270 denye	4.4167 (1)	4.9306 (1)	4.9444 (1)	4.7639 (1)	4.9306 (1)	4.5694 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.5694 (1)	4.9444 (1)	4.9306 (1)	4.8194 (1)	4.8611 (1)	4.6806 (1)
600 tur/m	4.4722 (1)	4.9861 (1)	4.9028 (1)	4.8056 (1)	4.8750 (1)	4.5417 (1)
800 tur/m	4.4583 (1)	4.9722 (1)	4.9583 (1)	4.7917 (1)	4.9028 (1)	4.6528 (1)

Çizelge 5.2’de verilen SNK test sonuçları incelendiğinde konvansiyonel yöntemle yapılan boyama sonrasında yıkama haslık değerleri hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metoduna göre sadece CA multifiber kumaşında 0.5 puanlık artış göstermiştir. Diğer multifiber kumaşları için anlamlı bir fark elde edilmemiştir. Yeni bir yöntem

olan hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu ile poliester kumaşların boyanması sonucunda elde edilen yıkama haslık değerleri konvansiyonel yöntemle boyama sonucunda elde edilen haslık değerlerine çok yakın çıkmıştır.

Çizelge 5.1’de verilen varyans analiz tablosu ve Çizelge 5.2’de verilen SNK test sonuçları incelendiğinde iplik numarasının kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisinin sadece yün multifiber için istatikselsel olarak önemli olduğu diğer multifiberlar için önemli olmadığı görülmüştür. Çizelge 5.1’de verilen varyans analiz tablosu ve Çizelge 5.2’de verilen SNK test sonuçları incelendiğinde iplik bükümünün kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisinin önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.3. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları

Konvansiyonel yöntem		
Faktör	Kuru	Yaş
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.8889 (1)	4.9583 (3)
150 denye	4.9722 (1)	4.6528 (1)
270 denye	4.9583 (1)	4.7500 (2)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9306 (1)	4.8056 (1)
600 tur/m	4.9444 (1)	4.7361 (1)
800 tur/m	4.9444 (1)	4.8194 (1)
Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile yöntem		
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.9722 (1)	4.6944 (1)
150 denye	4.9722 (1)	4.7361 (1)
270 denye	5.0000 (1)	4.7639 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9861 (1)	4.7639 (1)
600 tur/m	4.9861 (1)	4.7361 (1)
800 tur/m	4.9722 (1)	4.6944 (1)

Çizelge 5.1’de verilen varyans analiz tablosu ve Çizelge 5.3’te verilen SNK test sonuçları incelendiğinde iki farklı boyama metodunun kumaşların kuru ve yaş sürtme haslığı değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.3'te verilen SNK test sonuçları incelendiğinde ise iplik numarasının ve iplik bükümünün genel olarak kumaşların kuru ve yaş sürtme haslık değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı sadece 100 denye ipliğin yaş sürtme haslık değerinin en yüksek çıktığı görülmüştür.

Çizelge 5.4. Konvansiyonel ve hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodunun kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları

Konvansiyonel yöntem				
Faktör	K/S	L*	a*	b*
<u>İplik numarası</u>				
100 denye	21.2775 (1)	28.13000 (3)	7.0058 (1)	-35.6817 (1)
150 denye	21.4650 (2)	26.6950 (2)	7.4892 (2)	-34.4650 (2)
270 denye	22.6525 (3)	25.7783 (1)	7.7642 (3)	-34.1108 (3)
<u>İplik büküm miktarı</u>				
400 tur/m	20.5908 (1)	27.9392 (3)	7.3792 (1)	-35.6917 (1)
600 tur/m	22.0875 (2)	26.6933 (2)	7.4592 (3)	-34.6708 (2)
800 tur/m	22.7167 (3)	25.9708 (1)	7.4208 (2)	-33.8950 (3)
Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile yöntem				
<u>İplik numarası</u>				
100 denye	23.3922 (1)	27.1992 (3)	7.5758 (1)	-35.7203 (1)
150 denye	23.6292 (1)	25.7969 (2)	8.0875 (2)	-34.6908 (2)
270 denye	23.6003 (1)	25.2867 (1)	8.1897 (2)	-34.1142 (3)
<u>İplik büküm miktarı</u>				
400 tur/m	21.9994 (1)	27.3419 (3)	7.8450 (1)	-35.8203 (1)
600 tur/m	23.4844 (2)	26.1753 (2)	7.9778 (1), (2)	-34.9986 (2)
800 tur/m	25.1378 (3)	24.7656 (1)	8.0303 (2)	-33.7064 (3)

Çizelge 5.1'de verilen varyans analiz tablosuna göre iki farklı boyama metodunun kumaşların renk değerlerine etkisinin K/S, L* ve a*, için önemli olduğu göstermektedir. Çizelge 5.4'te verilen SNK test sonuçları incelendiğinde ise hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu sonrasında elde edilen özellikle K/S değerlerinin (23.54) konvansiyonel yöntemle yapılan boyama sonrasında elde edilen K/S değerlerinden (21.80) daha yüksek olduğu L* değerlerinin ise K/S değerlerini destekler bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür. Buda hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu ile daha koyu boyamalar yapılabileceği anlamına gelmektedir. a*

değerlerinde iki metot arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmakla birlikte, bu fark oldukça düşüktür ($\alpha = 0.5$).

Çizelge 5.1’de verilen varyans analiz tablosu ve Çizelge 5.4’te verilen SNK test sonuçları incelendiğinde iplik numarasının ve iplik bükümünün kumaşların renk değerlerine etkisinin K/S, L*, a* ve b* için önemli olduğu görülmüştür. Konvensiyonel metotla boyandığında elde edilen K/S değerleri iplik kalınlaştıkça ve iplik bükümü arttıkça artmıştır. Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyandığında elde edilen K/S değerleri konvensiyonel metoda göre daha yüksek olup iplik numarasındaki değişimden etkilenmeyip birbirine çok yakın değerlerdedir.

5.2. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi

Bu kısımda boyarmadde molekül büyüklüğünün ve iplik özelliklerinin (iplik numarası ve iplik büküm miktarı) kumaşların haslık özelliklerine ve renk değerlerine etkisi Çizelge 5.5’ de verilen varyans analizi tablosu, Çizelge 5.6, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’ de verilen SNK test sonuçları ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.5. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önemi	
Boyarmadde büyüklüğü	CA	0.019	1	0.019	0.302	0.584
	CO	0.042	1	0.042	4.000	0.047
	PA	1.042	1	1.042	50.000	0.000
	PES	0.167	1	0.167	4.966	0.027
	PAN	0.057	1	0.057	2.227	0.138
	WO	0.463	1	0.463	4.444	0.037
	Kuru	0.057	1	0.057	3.500	0.063
	Yaş	0.560	1	0.560	12.410	0.001
	K/S	343.174	1	343.174	918.061	0.000
	L*	3764.180	1	3764.180	27545.673	0.000
	a*	2479.040	1	2479.040	53110.173	0.000
	b*	2190.134	1	2190.134	18443.517	0.000
	PAN	0.063	2	0.031	1.227	0.296
	WO	1.465	2	0.733	7.033	0.001
	Kuru	0.100	2	0.050	3.071	0.049
Yaş	0.627	2	0.314	6.949	0.001	

Çizelge 5.5. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi (devam)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önemi	
İplik numarası	CA	0.257	2	0.128	2.094	0.127
	CO	0.016	2	0.008	0.778	0.461
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.016	2	0.008	0.241	0.786
	PAN	0.063	2	0.031	1.227	0.296
	WO	1.465	2	0.733	7.033	0.001
	Kuru	0.100	2	0.050	3.071	0.049
	Yaş	0.627	2	0.314	6.949	0.001
	K/S	24.172	2	12.086	32.332	0.000
	L*	169.615	2	84.807	620.607	0.000
	a*	18.092	2	9.046	193.797	0.000
	b*	96.027	2	48.013	404.329	0.000
İplik bükümü	CA	0.090	2	0.045	0.736	0.481
	CO	0.044	2	0.022	2.111	0.125
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.009	2	0.005	0.138	0.871
	PAN	0.021	2	0.010	0.409	0.665
	WO	0.194	2	0.097	0.933	0.396
	Kuru	0.002	2	0.001	0.071	0.931
	Yaş	0.086	2	0.043	0.949	0.390
	K/S	250.870	2	125.435	335.564	0.000
	L*	186.126	2	93.063	681.021	0.000
	a*	0.582	2	0.291	6.233	0.003
	b*	137.785	2	68.892	580.155	0.000

Çizelge 5.5'te verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisinin PA multifiber için önemli olduğu diğer multifiberlar için önemli olmadığı görülmüştür. Çizelge 5.6'da verilen SNK test sonuçlarından da görüldüğü gibi büyük boyarmadde molekülü ile yapılan boyama sonrasında elde edilen yıkama haslık değerleri küçük boyarmadde molekülü ile yapılan boyama sonrasında elde edilen haslık değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 5.6. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları

Küçük boyarmadde molekülü						
Faktör	CA	CO	PA	PES	PAN	WO
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.7639 (1)	4.9722 (1)	4.8472 (1)	4.8333 (1)	4.9028 (1)	4.7222 (1)
150 denye	4.7083 (1)	4.9722 (1)	4.8056 (1)	4.9028 (1)	4.9028 (1)	4.5556 (1)
270 denye	4.6667 (1)	4.9444 (1)	4.8611 (1)	4.8611 (1)	4.9583 (1)	4.6250 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.7361 (1)	4.9167 (1)	4.8472 (1)	4.9028 (1)	4.9306 (1)	4.6528 (1)
600 tur/m	4.7222 (1)	5.0000 (2)	4.8194 (1)	4.8333 (1)	4.9167 (1)	4.5694 (1)
800 tur/m	4.6806 (1)	4.9722 (1), (2)	4.8472 (1)	4.8611 (1)	4.9167 (1)	4.6806 (1)
Büyük boyarmadde molekülü						
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.7361 (1)	5.0000 (1)	4.9861 (1)	4.9722 (1)	4.9306 (1)	4.8472 (2)
150 denye	4.7778 (1)	4.9861 (1)	4.9861 (1)	4.8889 (1)	4.9722 (1)	4.7917 (2)
270 denye	4.6806 (1)	4.9861 (1)	4.9583 (1)	4.9028 (1)	4.9583 (1)	4.5417 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.7639 (1)	5.0000 (1)	4.9722 (1)	4.9028 (1)	4.9306 (1)	4.7361 (1)
600 tur/m	4.7083 (1)	4.9861 (1)	4.9722 (1)	4.9444 (1)	4.9444 (1)	4.7083 (1)
800 tur/m	4.7222 (1)	4.9861 (1)	4.9861 (1)	4.9167 (1)	4.9861 (1)	4.7361 (1)

Çizelge 5.5 ve 5.6' dan da görüldüğü gibi iplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çizelge 5.7. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları

Küçük boyarmadde molekülü		
Faktör	Kuru	Yaş
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.8889 (1)	4.8611 (1)
150 denye	4.9722 (2)	4.7500 (1)
270 denye	4.9722 (2)	4.8194 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9306 (1)	4.8194 (1)
600 tur/m	4.9583 (1)	4.7639 (1)
800 tur/m	4.9444 (1)	4.8472 (1)
Büyük boyarmadde molekülü		
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.9722 (1)	4.7917 (2)
150 denye	4.9722 (1)	4.6389 (1)
270 denye	4.9861 (1)	4.6944 (1), (2)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9861 (1)	4.7500 (1)
600 tur/m	4.9722 (1)	4.7083 (1)
800 tur/m	4.9722 (1)	4.6667 (1)

Çizelge 5.5'te verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların kuru ve yaş sürtme haslık değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte büyük boyarmadde molekülü ile boyanan kumaşların yaş sürtme haslık değerleri daha düşük çıkmıştır (Çizelge 5.7). İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların sürtme haslık değerlerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5.5 ve 5.7).

Çizelge 5.8. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları

Küçük boyarmadde molekülü				
Faktör	K/S	L*	a*	b*
İplik numarası				
100 denye	20.6792 (1)	32.1367 (3)	3.3181 (1)	-38.2375 (1)
150 denye	21.3561 (2)	30.4192 (2)	4.5372 (2)	-37.9372 (2)
270 denye	22.1917 (3)	29.4108 (1)	5.0375 (3)	-37.7694 (3)
İplik büküm miktarı				
400 tur/m	20.0972 (1)	31.9772 (3)	3.8044 (1)	-38.6017 (1)
600 tur/m	21.3781 (2)	30.6700 (2)	4.3269 (2)	-38.0350 (2)
800 tur/m	22.7517 (3)	29.3194 (1)	4.7614 (3)	-37.3075 (3)
Büyük boyarmadde molekülü				
İplik numarası				
100 denye	23.9906 (1)	23.1925 (3)	11.2636 (1)	-33.1644 (1)
150 denye	23.7381 (1)	22.0728 (2)	11.0394 (2)	-31.2186 (2)
270 denye	24.0611 (1)	21.6542 (1)	10.9164 (3)	-30.4556 (3)
İplik büküm miktarı				
400 tur/m	22.4931 (1)	23.3039 (3)	11.4197 (3)	-32.9103 (1)
600 tur/m	24.1939 (2)	22.1986 (2)	11.1100 (2)	-31.6344 (2)
800 tur/m	25.1028 (3)	21.4169 (1)	10.6897 (1)	-30.2939 (3)

Çizelge 5.5'te verilen varyans analizi sonuçlarına göre boyarmadde molekül büyüklüğünün, iplik numarasının ve iplik büküm değerlerinin kumaşların renk değerlerine (K/S, L*, a* ve b*) etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Çizelge 5.8'de verilen SNK test sonuçlarından da görüldüğü gibi büyük boyarmadde molekülü ile boyama sonrasında elde edilen özellikle K/S değerlerinin (23.92) küçük boyarmadde molekülü ile yapılan boyama sonrasında elde edilen K/S değerlerinden (21.40) daha yüksek olduğu özellikle L* değerlerinin ise K/S değerlerini destekler bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür. İplik kalınlaştıkça ve iplikteki büküm miktarı arttıkça (Çizelge 5.8) K/S değerleri artarken paralel şekilde L* değeri azalmıştır.

5.3. Boyama konsantrasyonunun kumaşların haslıklar özellikleri ve renk değerlerine etkisi

Bu kısımda boyama konsantrasyonunun, iplik numarası ve iplik büküm miktarlarının kumaşların haslık ve renk değerlerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken SNK test sonuçlarını gösteren Çizelge 5.10, Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12 kullanılmıştır.

Çizelge 5.9. Boyama konsantrasyonunun kumaşların haslık özellikleri ve renk değerlerine etkisi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önemi	
Boyarmadde konsantrasyonu	CA	0.042	1	0.042	0.679	0.411
	CO	0.000	1	0.000	0.000	1.000
	PA	0.560	1	0.560	26.889	0.000
	PES	0.000	1	0.000	0.000	1.000
	PAN	0.010	1	0.010	0.409	0.523
	WO	0.042	1	0.042	0.400	0.528
	Kuru	0.010	1	0.010	0.643	0.424
	Yaş	0.227	1	0.227	5.026	0.027
	K/S	9923.751	1	9923.751	26548.094	0.000
	L*	10975.637	1	10975.637	80317.976	0.000
	a*	2939.602	1	2939.602	62977.097	0.000
B*	2461.860	1	2461.860	20731.778	0.000	
İplik numarası	CA	0.257	2	0.128	2.094	0.127
	CO	0.016	2	0.008	0.778	0.461
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.016	2	0.008	0.241	0.786
	PAN	0.063	2	0.031	1.227	0.296
	WO	1.465	2	0.733	7.033	0.001
	Kuru	0.100	2	0.050	3.071	0.049
	Yaş	0.627	2	0.314	6.949	0.001
	K/S	24.172	2	12.086	32.332	0.000
	L*	169.615	2	84.807	620.607	0.000
	a*	18.092	2	9.046	193.797	0.000
b*	96.027	2	48.013	404.329	0.000	
İplik bükümü	CA	0.090	2	0.045	0.736	0.481
	CO	0.044	2	0.022	2.111	0.125
	PA	0.016	2	0.008	0.389	0.679
	PES	0.009	2	0.005	0.138	0.871
	PAN	0.021	2	0.010	0.409	0.665
	WO	0.194	2	0.097	0.933	0.396
	Kuru	0.002	2	0.001	0.071	0.931
	Yaş	0.086	2	0.043	0.949	0.390
	K/S	250.870	2	125.435	335.564	0.000
	L*	186.126	2	93.063	681.021	0.000
	a*	0.582	2	0.291	6.233	0.003
b*	137.785	2	68.892	580.155	0.000	

Çizelge 5.9’da verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde boyama konsantrasyonun kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisinin PA multifiber için önemli olduğu diğer multifiberler için önemli olmadığı görülmüştür. Çizelge 5.10’ da verilen SNK test sonuçlarından da görüldüğü gibi %4’lük boyama konsantrasyonu ile yapılan boyama sonrasında elde edilen yıkama haslık değerleri, %1’lik boyama konsantrasyonu ile yapılan boyama sonrasında elde edilen haslık değerlerine göre daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 5.10. Boyama konsantrasyonunun kumaşların yıkama haslığına ait SNK testi sonuçları

%1 boyama konsantrasyonu						
Faktör	CA	CO	PA	PES	PAN	WO
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.7222 (1)	4.9861 (1)	4.9583 (1)	4.8611 (1)	4.9306 (1)	4.7361 (1)
150 denye	4.7500 (1)	4.9722 (1)	4.9444 (1)	4.9167 (1)	4.9306 (1)	4.6944 (1)
270 denye	4.6528 (1)	4.9722 (1)	4.9722 (1)	4.9028 (1)	4.9722 (1)	4.6528 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.7500 (1)	4.9444 (1)	4.9583 (1)	4.8889 (1)	4.9444 (1)	4.6667 (1)
600 tur/m	4.6944 (1)	5.0000 (2)	4.9583 (1)	4.9028 (1)	4.9306 (1)	4.6667 (1)
800 tur/m	4.6806 (1)	4.9861 (1), (2)	4.9583 (1)	4.8889 (1)	4.9583 (1)	4.7500 (1)
%4 boyama konsantrasyonu						
<u>İplik numarası</u>						
100 denye	4.7778 (1)	4.9861 (1)	4.8750 (1)	4.9444 (1)	4.9028 (1)	4.8333 (2)
150 denye	4.7361 (1)	4.9861 (1)	4.8472 (1)	4.8750 (1)	4.9444 (1)	4.6528 (1)
270 denye	4.6944 (1)	4.9583 (1)	4.8472 (1)	4.8611 (1)	4.9444 (1)	4.5139 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>						
400 tur/m	4.7500 (1)	4.9722 (1)	4.8611 (1)	4.9167 (1)	4.9167 (1)	4.7222 (1)
600 tur/m	4.7361 (1)	4.9861 (1)	4.8333 (1)	4.8750 (1)	4.9306 (1)	4.6111 (1)
800 tur/m	4.7222 (1)	4.9722 (1)	4.8750 (1)	4.8889 (1)	4.9444 (1)	4.6667 (1)

Çizelge 5.9 ve 5.10’ dan da görüldüğü gibi iplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çizelge 5.11. Boyama konsantrasyonunun kumaşların sürtmeye karşı renk haslığına ait SNK testi sonuçları

%1 boyama konsantrasyonu		
Faktör	Kuru	Yaş
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.9722 (1)	4.8472 (3)
150 denye	4.9722 (1)	4.6111 (1)
270 denye	4.9583 (1)	4.7222 (2)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9722 (1)	4.7778 (1)
600 tur/m	4.9722 (1)	4.6944 (1)
800 tur/m	4.9583 (1)	4.7083 (1)
%4 boyama konsantrasyonu		
<u>İplik numarası</u>		
100 denye	4.8889 (1)	4.8056 (1)
150 denye	4.9722 (2)	4.7778 (1)
270 denye	5.0000 (2)	4.7917 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>		
400 tur/m	4.9444 (1)	4.7917 (1)
600 tur/m	4.9583 (1)	4.7778 (1)
800 tur/m	4.9583 (1)	4.8056 (1)

Çizelge 5.9'da verilen varyans analiz tablosu incelendiğinde boyama konsantrasyonunun kumaşların kuru ve yaş sürtme haslık değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 5.11). İplik numarasının ve iplik büküm miktarının kumaşların yıkama haslık değerlerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5.9 ve 5.11).

Çizelge 5.12. Boyama konsantrasyonunun kumaşların renk sonuçlarına ait SNK testi sonuçları

%1 boyama konsantrasyonu				
Faktör	K/S	L*	a*	b*
<u>İplik numarası</u>				
100 denye	14.0350 (1)	35.1661 (3)	3.2014 (1)	-37.7819 (3)
150 denye	16.2289 (2)	33.3206 (2)	4.1097 (2)	-38.2519 (2)
270 denye	17.4100 (3)	32.3414 (1)	4.6778 (3)	-38.4856 (1)
<u>İplik büküm miktarı</u>				
400 tur/m	14.5464 (1)	34.9750 (3)	3.5353 (1)	-38.5372 (1)
600 tur/m	15.9217 (2)	33.5953 (2)	3.9644 (2)	-38.1806 (2)
800 tur/m	17.2058 (3)	32.2578 (1)	4.4892 (3)	-37.8017 (3)
%4 boyama konsantrasyonu				
<u>İplik numarası</u>				
100 denye	30.6347 (2)	20.1631 (3)	11.3803 (2)	-33.6200 (1)
150 denye	28.8653 (1)	19.1714 (2)	11.4669 (2)	-30.9039 (2)
270 denye	28.8428 (1)	18.7236 (1)	11.2761 (1)	-29.7394 (3)
<u>İplik büküm miktarı</u>				
400 tur/m	28.0439 (1)	20.3061 (1)	11.6889 (3)	-32.9747 (1)
600 tur/m	29.6503 (2)	19.2733 (2)	11.4725 (2)	-31.4889 (2)
800 tur/m	30.6486 (3)	18.4786 (3)	10.9619 (1)	-29.7997 (3)

Çizelge 5.9’da verilen varyans analizi sonuçlarına göre boyama konsantrasyonunun, iplik numarasının ve iplik büküm değerlerinin kumaşların renk değerlerine (K/S, L*, a* ve b*) etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Çizelge 5.12’de verilen SNK test sonuçlarından da görüldüğü gibi %4 boyama konsantrasyonu ile boyama sonrasında elde edilen özellikle K/S değerlerinin (29,54) %1 boyama konsantrasyonu ile yapılan boyama sonrasında elde edilen K/S değerlerinden (15,89) daha yüksek olduğu özellikle L* değerlerinin ise K/S değerlerini destekler bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür. İplik kalınlaştıkça ve iplikteki büküm miktarı arttıkça (Çizelge 5.12) K/S değerleri artarken paralel şekilde L* değeri azalmıştır.

Sonuç olarak:

Yeni bir yöntem olan hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu ile konvansiyonel yöntemle boyama sonucunda elde edilen kumaşların yıkama haslık değerlerinin yakın çıktığı görülürken; boyarmadde molekül büyüklüklerinin yıkama haslığında etkili olduğunun ve büyük moleküllü boyarmaddelerin yıkama haslıklarının daha iyi çıktığı görülmüştür. Ayrıca boyarmadde konsantrasyonun da kumaşların yıkama haslığı değerlerine etkili olduğu, beklendiği gibi yüksek konsantrasyonlu boyalı numunelerin yıkama haslık değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama metodu ile konvansiyonel yöntemle boyama metodunun kumaşların sürtmeye karşı renk haslıkları incelendiğinde kuru ve yaş sürtme haslığı değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Boyarmadde molekül büyüklüğünün kumaşların kuru ve yaş sürtme haslık değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte büyük boyarmadde molekülü ile boyanan kumaşların yaş haslık değerlerinin daha düşük çıktığı görülmüştür. Boyama konsantrasyonunun değişmesinin ise kumaşların kuru ve yaş sürtme haslık değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Boyama metodunun renk ölçümleri üzerine etkisi incelendiğinde ise hava ve su süspansiyonlu metodun K/S değerlerinin daha yüksek çıktığı, boyarmadde molekül büyüklüğünün artmasıyla K/S değerlerinin de arttığı görülmüştür. Boyama konsantrasyonunun renk değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise %4 boyama konsantrasyonu ile boyama sonrasında elde edilen özellikle K/S değerlerinin %1 boyama konsantrasyonu ile yapılan boyama sonrasında elde edilen K/S değerlerinden daha yüksek olduğu özellikle L* değerlerinin ise K/S değerlerini destekler bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür.

Yeni bir yöntem olan hava ve oksijen süspansiyonlu su ile boyama ve yıkama yöntemi ile elde edilen K/S değerlerinin konvansiyonel boyama metoduna göre daha yüksek çıktığı ve yıkama ve sürtme haslıkları değerlerinde de konvansiyonel yöntemle ulaşıldığı görülmüştür. Bunun nedeninin nanokabarcıkların su moleküllerinin

hareketliliğini arttırması ve böylece boyarmadde difüzyonunu hızlandırması olduğu düşünülmektedir. Boyama prosesinde güçlü homojen bir dağılımın elde edilmesi (Anonim 2019g) yüzey alanının ve yüzey aktivitesinin ve ara yüz aktivasyon etkisinin artması (Akira ve Mizuki 2006) bu difüzyonu desteklemektedir.

İlerleyen çalışmalarda boyama proseslerinin geliştirilerek boyama süresi, su ve kimyasal maddeden ne kadar tasarruf sağlanabileceğinin araştırılması düşünülmektedir.

Buna ek olarak boyama sonrası yapılan indirgen yıkamalarda da hava ve oksijen süspansiyonlu suyun etkinliğinin yeni bir çalışma konusu olabileceği öngörülmektedir. Böylece bu tez çalışması yeni çalışmalara ışık tutarak sudan tasarrufun ve indirgen yıkama maddesi kullanmaksızın yapılabilecek çevre dostu proseslerin önünü açacak çalışmalara altyapı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Agrawal, A., Ng, W. J., Liu, Y. 2011. Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere*, 84(9), 1175-1180.

Akira, Y., Mizuki, G., 2006. Nanobubble utilization method and device, US Patent 20060054205

Anonim, 2011. Tekstil Teknolojisi Sentetikleri Boyama 1.
http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sentetikleri%20Boyama%201.pdf (Erişim tarihi:19.02.2019)

Anonim, 2014. Yapay Lifler.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yapay%20Lifler.pdf (Erişim tarihi:19.02.2019)

Anonim, 2017a. Dispersiyon boyarmaddeler ile poliester lifini boyama.
<https://tugbadot.files.wordpress.com/2017/03/sunum-1-2-haftanc4b1n-ders-sunumu.pdf> (Erişim tarihi:19.02.2019)

Anonim, 2017b. Poliesterin boyanma metotları.
<https://betulkurtulmus.files.wordpress.com/2017/04/ders-sunumu-3.pdf> (Erişim tarihi:19.02.2019)

Anonim, 2019a. Micro-nano bubbles. <https://www.biokavitus.com/en/prodotti/micro-nano-bolle/tessile> (Erişim tarihi: 15.05.2019)

Anonim, 2019b. Nanobubbling. <http://www.nanobubbling.com/nanobubbles.html> (Erişim tarihi: 22.02.2019)

Anonim, 2019c. Sustainable textile finishing using ozone and nanobubble technologies.
<https://zine.tcbl.eu/sustainable-textile-finishing-using-ozone-and-nanobubble-technologies/> (Erişim tarihi: 19.02.2019)

Anonim,2019d. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sentetikleri%20Boyama%201.pdf (Erişim tarihi: 30.02.2019)

Anonim, 2019e. Dispersiyon boyarmaddeler ile poliesteri boyama.
<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/dispersiyon-boyarmaddeler-poliester.html> (Erişim tarihi: 22.02. 2019)

Anonim, 2019f. Measurement of diameter of micro-bubbles and nano-bubbles.
<https://www.shimadzu.com/an/powder/sald/data/appli/app5.html> (Erişim tarihi: 22.02. 2019)

Anonim, 2019g. Nanobubbles/ultra fine bubbles. <https://www.vateris.com/a1d95265-f128-473e-9aa8-8c679a37cd7c> (Erişim tarihi: 07.06. 2019)

Anonim, 2019h. E-flow. <https://www.jeanologia.com/portfolio/eflow/> (Erişim tarihi: 07.06. 2019)

Anonim, 2019ı. Poliester lifleri (PES, -Poliester) <http://www.tekstildershanesi.com.tr/makaleler/poliester-lifleri-pes-poliester.html> (Erişim tarihi: 02.04. 2019)

Aniş, P. 2005. Tekstil Ön Terbiyesi. Alfa Kitap Evi, Bursa, 224s.

Broekman, S., Pohlmann, O., Beardwood, E.S., de Meulenaer, E.C., 2010. Ultrasonic treatment for microbiological control of water systems. *Ultrasonic Sonochemistry*, 17(6), 1041–1048.

Bui, T. T., Han, M. 2020. Decolorization of dark green Rit dye using positively charged nanobubbles technologies. *Separation and Purification Technology*, 233, 116034.

Burkinshaw, S. M. 1995. Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. The University of Leeds, 223s.

Chen, K.K., 2009. Bathing Pool Assembly with water full of nano-scale ozone bubbles for rehabilitation. US Patent 7488416.

Chu LB, Xing XH, Yu AF, Zhou YN, Sun XL, Jurcik B. 2007. Enhanced ozonation of simulated dyestuff wastewater by microbubbles, *Chemosphere*, 68(10), 1854–1860.

Cornelissen, E.R., Rebour, L., van der Kooij, D., Wessels, L.P., 2009. Optimization of air/water cleaning (AWC) in spiral wound elements. *Desalination*, 236(1-3), 266–272.

Echigo, S., Yamada, H., Matsui, S., Kawanishi, S., Shishida, K., 1996. Comparison between O₃/VUV, O₃/H₂O₂, VUV and O₃ processes for the decomposition of organophosphoric acid triesters. *K. Water Science and Technology*, 34 (9), 81–88.

Eren, H. 2004. Poliester liflerinin alkali ortamda boyanmasında proses parametrelerinin araştırılması ve prosesin ekonomik ve ekolojik yararlarının incelenmesi. *Doktora tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Ikeura, H., Kobayashi, F., Tamaki, M., 2011. Removal of residual pesticide, fenitrothion, in vegetables by using ozone microbubbles generated by different methods. *Journal of Food Engineering*, 103(3), 345–349.

Jin, F., Li, J., Ye, X., Wu, C., 2007a. Effects of pH and ionic strength on the stability of nanobubbles in aqueous solutions of α -cyclodextrin. *Journal of Physical Chemistry B*, 111(40), 11745–11749.

Jin, F., Ye, X., Wu, C., 2007b. Observation of kinetic and structural scalings during slow coalescence of nanobubbles in an aqueous solution. *Journal of Physical Chemistry B*, 111(46), 13143–13146.

Jyoti, K.K., Pandit, A.B., 2001. Water disinfection by acoustic and hydrodynamic cavitation. *Biochemical Engineering Journal*, 7(3), 201–212.

Karahan, N., Mangut, M. 2011. Tekstil Lifleri. Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, 309s.

Karahan, N., Mangut, M. 2017. Yapay Lifler. Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, 287s.

Okuyay, N. 2008. Farklı özellikteki dokunmuş kumaşların boyanabilirliği ve bazı fiziksel özellikleri üzerine bir araştırma. *Bitirme Tezi*, UÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Oppenländer, T., Gliese, S., 2000. Mineralization of organic micropollutants (homologous alcohols and phenols) in water by vacuum-UV-oxidation (H₂O-VUV) with an incoherent xenon-excimer lamp at 172 nm. *Chemosphere* 40(1), 15-21.

Özcan, Y., 1978. Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği. Fatih Yayın Evi, İstanbul, 600s. <https://www.vateris.com/a1d95265-f128-473e-9aa8-8c679a37cd7c> (Erişim tarihi: 07.06. 2019)

Sarıca, B. 2006. Bazı karışım kumaşlarda boyama ve reflektans ilişkisinin araştırılması. *Bitirme Tezi*, UÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Takahashi, M., Chiba, K., Li, P., 2007. Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus. *Journal of Physical Chemistry B*, 111(6), 1343–1347.

Tarakçıoğlu, I. 1986. Tekstil Terbiyesi ve Makinaları (Cilt:3). Aracılar Matbaacılık Reprodüksiyon. İzmir, 554s.

Tasaki, T., Wada, T., Baba, Y., Kukizaki, M., 2009a. Degradation of surfactants by an integrated nanobubbles/vuv irradiation technique. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48(9), 4237–4244.

Tasaki, T., Wada, T., Fujimoto, K., Kai, S., Ohe, K., Oshima, T., Baba, Y., Kukizaki, M., 2009b. Degradation of methyl orange using short-wavelength UV irradiation with oxygen microbubbles. *J. Hazard. Mater*, 162(2), 1103–1110.

Tian, J.Y., Xu, Y.P., Chen, Z.L., Nan, J., Li, G.B., 2010. Air bubbling for alleviating membrane fouling of immersed hollow-ber membrane for ultrafiltration of river water. *Desalination*, 260(1-3), 225–230.

Tsuge, H. 2014. Micro and Nanobubbles Fundamentals and Applications. Jenny Stanford Publishing, 376s.

Yalçın, Y. 2011. Boyanmış poliester kumaşlarda bazı renk haslıklarının değişim kinetiğinin renk ölçüleri ile araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Yılmazok, U. 2008. Poliester kumaşlarda ardışık uygulanan farklı haslık testlerinin renk değerleri üzerindeki etkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Ushida, A., Hasegawa, T., Takahashi, N., Nakajima, T., Murao, S., Narumi, T., ve Uchiyama, H. 2012. Effect of mixed nanobubble and microbubble liquids on the washing rate of cloth in an alternating flow. *Journal of Surfactants and Detergents*, 15(6), 695-702.

Van Kaam, R., Anne-Archard, D., Gaubert, M.A., Albasi, C., 2008. Rheological characterization of mixed liquor in a submerged membrane bioreactor: interest for process management. *Journal of Membrane Science*, 317(1-2), 26–33.

Walker, A.B., Tsouris, C., DePaoli, D.W., Klasson, K.T., 2001. Ozonation of soluble organics in aqueous solutions using microbubbles. *Ozone Science and Engineering*, 23(1), 77–87.

Wu, Z., Zhang, X., Li, G., Sun, J., Zhang, Y., Li, M., Hu, J., 2006. Nanobubbles influence on BSA adsorption on mica surface. *Surface and Interface Analysis*, 38(6), 990–995.

Wu, Z., Zhang, X., Sun, J., Dong, Y., Hu, J., 2007. In situ AFM observation of BSA adsorption on HOPG with nanobubble. *Chinese Science Bulletin*, 52(14), 1913–1919.

Wu, Z.H., Chen, H.B., Dong, Y.M., Mao, H.L., Sun, J.L., Chen, S.F., Craig, V.S.J., Hu, J., 2008. Cleaning using nanobubbles: defouling by electrochemical generation of bubbles. *Journal Colloid Interface Science*, 328(1), 10–14.

Yamasaki, K., Uda, K., Chuhjoh, K., 2009. Wastewater treatment equipment and method of wastewater treatment. US Patent 7578942 B2.

Yamasaki, K., Sakata, K., Chuhjoh, K., 2010. Water treatment method and water treatment system. US Patent 7662288.

Yeo, A.P.S., Law, A.W.K., Fane, A.G., 2006. Factors affecting the performance of a submerged hollow fiber bundle. *Journal of Membrane Science*, 280(1-2), 969–982.

Zarragoitia-González, A., Schetrite, S., Alliet, M., Jáuregui-Haza, U., Albasi, C., 2008. Modelling of submerged membrane bioreactor: conceptual study about link between activated sludge biokinetics, aeration and fouling process. *Journal of Membrane Science*, 325(2), 612–624.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nil GÖKNİL
Doğum Yeri ve Tarihi : ANKARA 15.09.1986
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise :Gemlik Celal Bayar Anadolu Lisesi (1997-2004 ilk yarıyıl)
Orhangazi Öğretmen Eyüp Topçu Anadolu Lisesi (2004 ikinci yarıyıl)

Ön Lisans : Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO,
Süs Bitkileri Yetiştiriciliği (2019-halen)

Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği (2004-2008)

Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil
Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2008-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Rudolf Duraner A.Ş. (2010 Haziran – 2018 Ocak)

İletişim (e-posta) : nil_okyay@hotmail.com

Bu tez çalışması TÜBİTAK 1505-TEYDEB kapsamında desteklenen 5180061 No'lu "Yeni ve Çevreci Teknolojilerin Reaktif Boyama Sonrası Yıkamada ve Atık Suyun Dekolarizasyonu" projesinin ön denemeleri ve 1. iş paketi kapsamında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında proje yürütücüsü ve tez danışmanı Prof. Dr. Pervin ANIŞ tarafından yaptırılmıştır.

