

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

**POLİESTER LİFİ TERBİYESİNDE TERMAL  
MİGRASYONUN MİNİMİZE EDİLMESİ VE RENK HASLIĞI  
PERFORMANSLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FERİŞTAH ÜNAL**

**DENİZLİ, MAYIS - 2020**

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



**POLİESTER LİFİ TERBİYESİNDE TERMAL  
MİGRASYONUN MİNİMİZE EDİLMESİ VE RENK HASLIĞI  
PERFORMANSLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FERİŞTAH ÜNAL**

**DENİZLİ, MAYIS - 2020**

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi tarafından 2019FEBE038 nolu proje ile  
desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**Feriştah ÜNAL**  
*F. Ünal*

## ÖZET

**POLİESTER LİFİ TERBİYESİNDE TERMAL MİGRASYONUN  
MİNİMİZE EDİLMESİ VE RENK HASLIĞI PERFORMANSLARININ  
GELİŞTİRİLMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FERİŞTAH ÜNAL  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. OSMAN OZAN AVINÇ)  
DENİZLİ, MAYIS - 2020**

Günümüzde petrol türevi sentetik liflerin kullanımları, kullanım alanlarına ve özelliklerine göre her geçen gün artmaktadır. Petrol türevi lifler denilince en çok kullanılan ve ilk akla gelen şüphesiz ki PET lifleridir. Bu tez kapsamında iki farklı çalışma gerçekleştirilmiş ve ilk çalışmada üstün kimyasal ve termal dirence sahip PA 6.6 (poliamid 6.6) lifleri kullanılmıştır. İkinci çalışmada ise iyi kopma mukavemeti ve boyutsal stabilite özellikleri sergileyen PET (polietilenteraftalat) lifleri tercih edilmiştir. PA 6.6 ve PET liflerin boyanmasında farklı molekül büyüklüğüne sahip kırmızı ve mavi dispers boyalar kullanılmıştır. Dispers boyarmaddelerle boyanmış ve indirgen yıkama işlemine tabi tutulmuş PET ve PA 6.6 lifli kumaşlara sonrasında genellikle kurutma (yaş işlemden çıkmış kumaşları kurutmak için kullanılır) ve ısı fiksaj (termofiksaj: genellikle kumaşlarda boyutsal stabilite sağlamak ya da kumaşlara bitim işlem kimyasalının fikse edilmesi için uygulanır.) gibi ısı işlemleri uygulanmaktadır. Bu tip ısı işlemlerinin uygulanması sırasında lif içine difüz etmiş bazı dispers boyarmaddelerin lif yüzeyine termal migrasyon (termal göç) yoluyla göç etmesi sonucunda renk haslığı değerlerinin düşmesi bilinen bir olaydır. Her ne kadar lif yüzeyindeki gevşek bağlı boyaların, boyama işleminden sonra yapılan indirgen yıkama işlemi yoluyla büyük bir kısmı ya da tamamı uzaklaştırılabilse de, ısı işleminin uygulanması esnasında boyarmadde moleküllerinin bir kısmı lifin iç kısmından lifin dış yüzeyine doğru hareket etmektedir. Bu amaçla liflerin termal migrasyonun azaltılması ve haslıklarının iyileştirilmesi üzerine gerçekleştirdiğimiz bu tez çalışmasında PET ve PA 6.6 liflerinin kurutma ve termofiksaj işlemlerinde mikrodalga, liyofilizasyon (dondurarak kurutma) ve ultraviyole (UV) gibi inovatif ve sürdürülebilir teknikler kullanılmış ve konvansiyonel metodlar ile karşılaştırılmıştır. PA 6.6 liflerinin kurutma işlemlerinde kullanılan mikrodalga ve liyofilizasyon tekniklerinin konvansiyonel ramöz yöntemin göre renk haslıklarının iyileştirilmesinde belirgin farklılıklar oluşturmadığı yapılan haslık testleri sonucunda elde edilmiştir. Geleneksel yollarla ramözde kurutma ve ısı fiksaj işlemi görmüş PET lifli kumaşlara farklı sürelerde uygulanan UV işlemlerinde ise, en iyi haslık değerlerinin 12 sa ve 24 sa UV işlem görmüş PET numunelerine ait olduğu görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Poliamid 6.6, polietilenteraftalat, PA 6.6, PET, termal migrasyon, liyofilizasyon, mikrodalga

# **ABSTRACT**

**MINIMIZING OF THERMAL MIGRATION IN POLYESTER FIBER  
FINISHING AND IMPROVING OF COLOR FASTNESS  
PERFORMANCE  
MSC THESIS  
FERİŞTAH ÜNAL  
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
TEXTILE ENGINEERING  
(SUPERVISOR:PROF.DR. OSMAN OZAN AVINÇ)  
DENİZLİ, MAY 2020**

Today, the usage of petroleum-derived synthetic fibers is increasing day by day according to their usage area and properties. When it comes to petroleum-derived fibers, PET fibers are undoubtedly the most widely used and first fiber option come to mind. Within the scope of this thesis, two different studies were conducted and PA 6.6 (polyamide 6.6) fibers with superior chemical and thermal resistance were used in the first study. In the second study, PET (polyethylenephthalate) fibers, which exhibit good tensile strength and dimensional stability properties, were studied. Red and blue disperse dyes with different molecular sizes were used in the dyeing of PA 6.6 and PET fibers. Dyed and reduction cleared PET and PA 6.6 fiber fabrics are usually heat-treated such as drying (used to dry the wet-processed fabrics) and thermal fixation (thermosetting = heat setting: generally applied for providing dimensional stability in fabrics or fixing the finishing chemical to fabrics). It is a known event that the color fastness levels decrease as a result of the thermal migration of some disperse dyestuffs, which were diffused into the fiber, to the surface of the fiber by thermal migration during the application of such heat treatments. Although all or most of the dyes on the fiber surface after dyeing can be removed through the reduction clearing process after dyeing, some of the dyestuff molecules move from the inner part of the fiber to the outer surface of the fiber during the application of the heat treatment. For this purpose in this thesis, possibility on thermal migration reduction and color fastness improvement were researched with the help of innovative and sustainable techniques such as microwave, lyophilization (freeze drying) and ultraviolet (UV) for dried and heat-setted PET and PA 6.6 fibers and compared with those of conventional methods. Microwave and lyophilization techniques used in drying processes on PA 6.6 fibers did not create any significant differences in the case of color fastness improvement when compared to the conventional stenter method. The best color fastness values were obtained on dried and heat-setted PET samples treated with UV rays at 12 hours and 24 hours.

**KEYWORDS:** Polyamide 6.6, polyethylene terephthalate, PA 6.6, PET, thermal migration, lyophilization, microwave

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN ÜRETİMİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI</b> .....	<b>5</b>
2.1 PA 6.6 Liflerinin Yapısı, Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları ...	5
2.1.1 PA 6.6 Liflerinin Yapısı ve Üretimi.....	5
2.1.2 PA 6.6 Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	7
2.1.3 PA 6.6 Liflerinin Kullanım Alanları .....	9
2.2 PET Liflerinin Yapısı, Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları .....	9
2.2.1 PET Liflerinin Yapısı ve Üretimi .....	9
2.2.2 PET Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	11
2.2.3 PET Liflerinin Kullanım Alanları.....	13
<b>3. PA 6.6 VE PET LİFLERİNE UYGULANAN TERBİYE İŞLEMLERİ</b> .....	<b>15</b>
3.1 Ön Terbiye İşlemleri .....	15
3.2 Boyama İşlemleri .....	17
3.2.1 Dispers Boyarmaddeler.....	19
3.3 İndirgen Yıkama (Redüktif Yıkama) .....	21
<b>4. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN VE FARKLI SENTETİK LİFLERİN TERMAL MİGRASYONU</b> .....	<b>23</b>
<b>5. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN KURUTMA VE ISIL FİKSAJ METODLARI</b> .....	<b>26</b>
5.1 Ramöz .....	29
<b>6. İNOVATİF VE SÜRDÜRÜLEBİLİR APLİKASYON TEKNİKLERİ</b> .....	<b>31</b>
6.1 Mikrodalga Enerjisi.....	31
6.2 Liyofilizasyon (Dondurarak Kurutma) .....	34
6.3 Ultraviyole (UV) Teknolojisi.....	38
<b>7. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>41</b>
7.1 Materyal .....	41
7.2 Kullanılan Kimyasallar.....	42
7.3 Kullanılan Makineler.....	43
7.4 Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri .....	44
7.4.1 Birinci Çalışmada Uygulanan Terbiye İşlemleri.....	44
7.4.2 İkinci Çalışmada Uygulanan Terbiye İşlemleri .....	51
7.5 Yapılan Ölçümler ve Standartları.....	55
<b>8. BULGULAR</b> .....	<b>59</b>
8.1 Birinci Çalışma; PA 6.6 Liflerine Uygulanan Liyofilizasyon (Dondurarak Kurutma) ve Farklı Kurutma Yöntemleri Sonucunda Elde Edilen Bulgular .....	59

8.1.1	PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Renk Değerleri.....	60
8.1.2	PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri .	79
8.1.3	PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri ..	87
8.2	İkinci Çalışma; Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Bulgular.....	92
8.2.1	Konvansiyonel (Ramöz) Kuruma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Renk Değerleri.....	93
8.2.2	PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri.....	98
8.2.3	PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri.....	99
8.2.4	PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Süblimasyon Haslığı Değerleri.....	100
8.2.5	Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri .....	101
8.2.6	Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri .....	103
8.2.7	Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Süblimasyon Haslığı Değerleri.....	105
<b>9. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>		<b>108</b>
<b>10.KAYNAKLAR.....</b>		<b>113</b>
<b>11.ÖZGEÇMİŞ.....</b>		<b>124</b>



# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Yıllara göre toplam lif talebi grafiği.....	1
Şekil 2.1: PA 6.6'nın genel yapısı .....	6
Şekil 2.2: PET lifinin kimyasal yapısı .....	10
Şekil 3.1: Dispers boyanın temel yapısı.....	20
Şekil 3.2: Antrakınon dispers boyarmaddelelerinin yapısal iskeleti .....	21
Şekil 6.1: Liyofilizasyon (dondurarak kurutma) işleminde basınç ve sıcaklık grafiği .....	36
Şekil 7.1: ATAÇ LAB DYE HT laboratuvar tipi boyama makinesi.....	46
Şekil 7.2: PA 6.6 lifine uygulanan boyama grafiği.....	47
Şekil 7.3: PROWITE® laboratuvar tipi ramöz.....	48
Şekil 7.4: Arçelik MD 595 model mikrodalga fırın .....	50
Şekil 7.5: Liyofilizatör (Labconco- Freezone 6).....	51
Şekil 7.6: PET lifine uygulanan boyama grafiği.....	53
Şekil 7.7: Datacolor 600 Model Spektrofotometre .....	56
Şekil 7.8: Sürtme haslığı test cihazı (Crockmaster) .....	57
Şekil 7.9: SDL Atlas M228 Rotawash.....	57
Şekil 7.10: Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model:K024).....	58
Şekil 8.1: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği .....	63
Şekil 8.2: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	64
Şekil 8.3: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	64
Şekil 8.4: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	65
Şekil 8.5: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	66
Şekil 8.6: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	67
Şekil 8.7: C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	67

<b>Şekil 8.8:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği .....	68
<b>Şekil 8.9:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	69
<b>Şekil 8.10:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	70
<b>Şekil 8.11:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	71
<b>Şekil 8.12:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	71
<b>Şekil 8.13:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	72
<b>Şekil 8.14:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	73
<b>Şekil 8.15:</b> C.I. Disperse Red 65 Boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği .....	74
<b>Şekil 8.16:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	75
<b>Şekil 8.17:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $a^*-b^*$ grafiği.....	75
<b>Şekil 8.18:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	76
<b>Şekil 8.19:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	77

<b>Şekil 8.20:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	78
<b>Şekil 8.21:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	78
<b>Şekil 8.22:</b> C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait $a^*-b^*$ grafiği .....	95
<b>Şekil 8.23:</b> C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait $L^*-C^*$ grafiği .....	96
<b>Şekil 8.24:</b> C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait $K/S-C^*$ grafiği.....	97

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> PET ve PA 6.6 liflerinin fiziksel özelliklerinin diğer lifler ile karşılaştırılması .....	2
<b>Tablo 2.1:</b> Eriyikten lif çekme yöntemine göre elde edilen PET ve PA liflerinin lif çekme sıcaklıkları.....	6
<b>Tablo 2.2:</b> PA 6.6 liflerinin mekanik özelliklerinin PA 6 ile karşılaştırılması...7	
<b>Tablo 2.3:</b> PET liflerinin fiziksel özellikleri .....	12
<b>Tablo 5.1:</b> PA 6.6 ve PET liflerinin camlaşma ve erime sıcaklıkları .....	29
<b>Tablo 7.1:</b> Gerçekleştirilen çalışmalara göre kullanılan materyaller .....	41
<b>Tablo 7.2:</b> Üretici firmaları ile birlikte kullanılan boyarmadde ve kimyasallar .....	42
<b>Tablo 7.3:</b> Terbiye işlemlerinde kullanılan uygulama makineleri .....	43
<b>Tablo 7.4:</b> Gerçekleştirilen testlerde kullanılan makineler .....	44
<b>Tablo 7.5:</b> PA 6.6 lifine uygulanan ön yıkama reçetesi.....	45
<b>Tablo 7.6:</b> PA 6.6 lifine uygulanan boyama reçetesi.....	46
<b>Tablo 7.7:</b> PA liflerine uygulanan indirgen yıkama (redüktif yıkama) reçetesi.....	47
<b>Tablo 7.8:</b> PA 6.6 kumaşlarına uyulanacak mikrodalga ile kurutma ve termofiksaj işlem şartlarının belirlenmesi (ön deneme) .....	49
<b>Tablo 7.9:</b> PA 6.6 kumaşlarına uyulanan mikrodalga ile kurutma ve termofiksaj şartları.....	50
<b>Tablo 7.10:</b> PET lifine uygulanan ön yıkama reçetesi.....	52
<b>Tablo 7.11:</b> PET Lifine uygulanan boyama reçetesi.....	52
<b>Tablo 7.12:</b> PET lifine uygulanan indirgen yıkama (redüktif yıkama) reçetesi.....	54
<b>Tablo 7.13:</b> Uygulanan testler ve standartları .....	55
<b>Tablo 8.1:</b> Çalışmada PA 6.6 liflerine uygulanan bütün metotlara ait renk özellikleri .....	61
<b>Tablo 8.2:</b> C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri .....	80
<b>Tablo 8.3:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri .....	82
<b>Tablo 8.4:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerini yıkama haslığı değerleri .....	85
<b>Tablo 8.5:</b> C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri.....	88

<b>Tablo 8.6:</b> C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri .....	89
<b>Tablo 8.7:</b> C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri .....	91
<b>Tablo 8.8:</b> C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait renk değerleri .....	94
<b>Tablo 8.9:</b> PET lifine uygulanan konvansiyonel ısı işlemler sonrası yıkama haslığı değerleri .....	98
<b>Tablo 8.10:</b> PET lifine uygulanan konvansiyonel ısı işlemler sonrası sürtme haslığı değerleri .....	99
<b>Tablo 8.11:</b> PET lifine uygulanan konvansiyonel ısı işlemler sonrası süblimasyon haslığı değerleri .....	100
<b>Tablo 8.12:</b> Konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası yıkama haslığı değerleri .....	102
<b>Tablo 8.13:</b> Konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası sürtme haslığı değerleri .....	104
<b>Tablo 8.14:</b> Konvansiyonel (Ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası süblimasyon haslığı değerleri .....	106

## SEMBOL LİSTESİ

<b>PA 6.6</b>	:	Poliamid 6.6 (Naylon 6.6)
<b>PET</b>	:	Polietilen Tereftalat
<b>PTT</b>	:	Politrimetilen Tereftalat
<b>PLA</b>	:	Polilaktik Asit
<b>PBT</b>	:	Polibütülen Tereftalat
<b>PP</b>	:	Polipropilen
<b>PVC</b>	:	Polivinil Klorür
<b>PCI</b>	:	Peripheral Component Interconnect
<b>DMT</b>	:	Dimetil Tereftalat
<b>T<sub>g</sub></b>	:	Camlaşma Sıcaklığı
<b>T<sub>m</sub></b>	:	Erime Sıcaklığı
<b>K/S</b>	:	Renk Kuvveti (Renk Verimi)
<b>nm</b>	:	Dalgaboyu
<b>a*</b>	:	Kırmızılık-Yeşillik
<b>b*</b>	:	Sarılık-Mavilik
<b>L*</b>	:	Açıklık-Koyuluk
<b>C*</b>	:	Kroma -Doygunluk
<b>h°</b>	:	Açı (Renk Tonu)
<b>HT</b>	:	Yüksek Basınç, Yüksek Sıcaklık
<b>UV</b>	:	Ultraviyole
<b>atm</b>	:	Atmosfer
<b>sa</b>	:	Saat
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>s</b>	:	Saniye
<b>m</b>	:	Metre
<b>mm</b>	:	Milimetre

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezim boyunca, bilgi ve tecrübesi ile bana her zaman yol gösteren, kıymetli zamanını ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Osman Ozan AVİNÇ'e bu kısa zamanda bana kattığı değerler için çok teşekkür ederim.

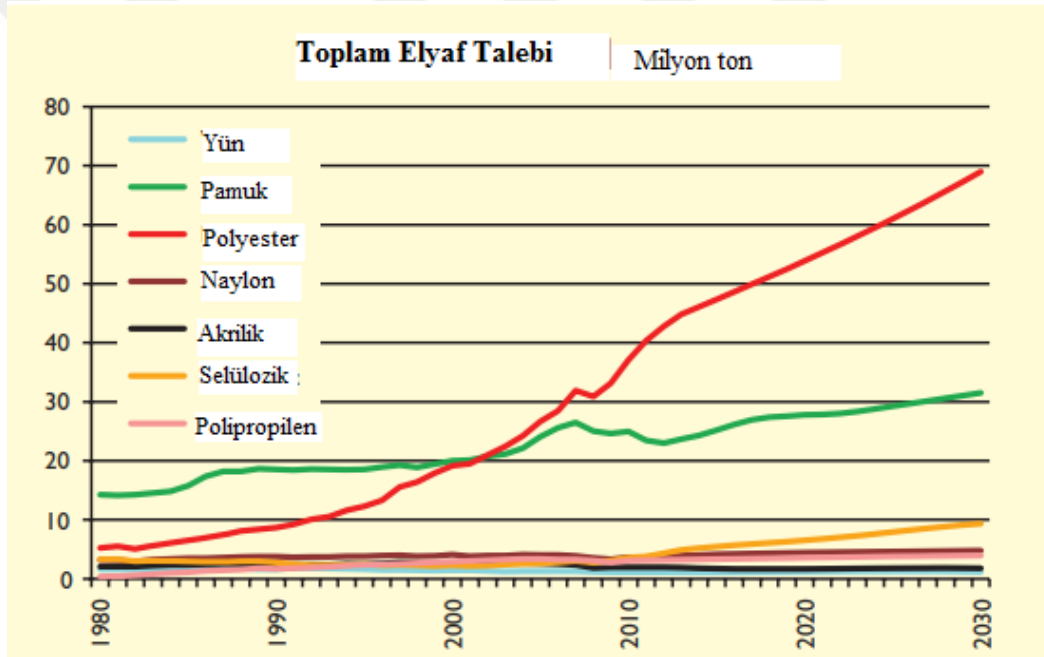
Tezimin deneysel çalışmalarında bilgi ve tecrübesi ile bana destek olan değerli zamanını, hoşgörü ve samimiyetini benden esgirmeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Arzu YAVAŞ'a da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım aşamasında büyük bir ilgi ve anlayış ile Biyoloji Bölümü laboratuvar ve cihazlarından faydalanmamı sağlayan ve yardımcı olan Pamukkale Üniversitesi Biyoloji Bölümü Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Nazime MERCAN DOĞAN'a ve Botanik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ramazan MAMMADOV'a çok teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarım için Biyoloji Bölüm Laboratuvarları ve cihazlarını kullanmamda büyük bir özveri ile bana yardımcı olan Sayın Farid NASIRLI'ya, Sayın Özge KILINÇARSLAN AKSOY'a, Sayın Murat TURAN'a da ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi destekleri ile her daim yanımda olan, bugünlere gelmemde en fazla paya sahip olan canım aileme, annem Semra ÜNAL'a, babam Hasan ÜNAL'a, ablam Merve ÜNAL ÇAKI'ya ve yüksek lisans tezim boyunca manevi desteğini asla benden esirgemeyen sevgili arkadaşım Sinan ERİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Sentetik lifler dünyada en fazla üretimi gerçekleştirilen liflerdir. İlk sentetik lif üretimi Alman kimyagerler tarafından 1927 yılında gerçekleştirilmiştir ve o yıldan günümüze üretim faaliyetleri hızla artmıştır. Bu üretimi 1940 yılında poliamid lifleri takip etmiş ve 1950 yılında poliester ile devam etmiştir (Url\_8). Şekil 1.1’de sentetik liflerin yıllara göre artan talebi, lif talebindeki büyüme ve poliester liflerinin sahip olduğu baskın rolü gösterilmektedir. İngiltere merkezli PCI Fibers tarafından poliesterin 2030'a kadar tahminlenen büyümesi de gösterilmektedir (Url\_3).



Şekil 1.1: Yıllara göre toplam lif talebi grafiği (Url\_3)

Poliester lifi talebi, pamuk lifi talebini 2002 yılında geçmiştir ve diğer tüm lif türlerinden önemli ölçüde daha hızlı büyümeyle devam etmiştir. 1980'de poliester talebi dünya genelinde sadece 5,2 milyon ton iken, 2000 yılına kadar 19,2 milyon tona ulaşmıştır. 2014 yılında talep 46,1 milyon tona çıkmıştır. 1980-2014 dönemine bakıldığında, toplam lif talebi büyümesi 55,7 milyon ton olmuştur ve % 73,4'ü poliester lifine aittir (Url\_3).



Piyasada yaklaşık % 60'lık üretimi ile en fazla kullanılmakta olan, petrol ve türevlerinden elde edilen poliester polimeri poli(etilen tereftalat)'tır (PET). Genel formülü  $(C_{10}H_8O_4)_n$ 'dir ve etilen glikol ve dimetilteraftalattan (DMT) veya tereftalik asitten üretilmektedir (Url\_6, Broadbent 2001). Mekanik özellikleri oldukça iyi olan bu liflerin kolay kirlenme, düşük emicilik ve boncuklanma (pilling) gibi dezavantajları bulunmaktadır. Nem çekme oranı % 0,4 yani oldukça düşük olmasından dolayı boyanması zordur. Poliester lifleri dispers boyarmaddeler ile boyanabilmektedir.

Dünyada ilk üretilen liflerden biri olan poliamid liflerinin yaygın olarak kullanılan bir türü olan Poliamid 6.6 (PA 6.6) lifleri ismini, PA 6.6 liflerini oluşturan iki monomerlerin de yapısında bulundurduğu 6 karbondan almaktadır. PA 6.6 lifleri adipik asit ve hekzametilendiamin monomerlerinin polimerizasyonu ile oluşmaktadır (Saçak 1994, Yılmaz ve diğ. 2009). Bu liflerin termal ve kimyasal dirençleri oldukça yüksektir.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan PET ve PA 6.6 liflerinin fiziksel özellikleri farklı lifler ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 1.1'de verilmektedir (Shen ve diğ.2009, Yıldırım 2015, Bunsell 2009, Özdil ve Telli 2013, Chan ve Thomas 2012).

**Tablo 1.1:** PET ve PA 6.6 liflerinin fiziksel özelliklerinin diğer lifler ile karşılaştırılması

Lif Özellikleri	PA 6.6	PA 6	PET	PLA	PTT	PBT	PP
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1,14	1,14	1,40	1,25	1,35	1,30-1,32	0,91
İncelik (den)	6-20	6-20	-	-	-	-	-
Çap (µm)	7-15	7-15	-	-	-	-	-
Mukavemet	55-90 (cN/tex)	45-90 (cN/tex)	50,66 (cN/tex)	-	3,4-3,7 (cN/dtex)	3,5 (cN/dtex)	62 (cN/tex)
Başlangıç Modülü	250-450 (cN/tex)	150-500 (cN/tex)	-	-	23 (cN/dtex)	23 (cN/dtex)	700
Kopma Uzaması (%)	15-30	15-40	25,75	-	36-42	120-180	18-22
Erime sıcaklığı (°C)	260-265	215-230	264-265	-	225-228	225	160-175
Camlaşma sıcaklığı (°C)	50-90	50	80	-	45-75	25	-

Genel olarak poliester ve türevi liflerinin nem çekme oranı oldukça düşüktür ve bu yüzden boyanması da oldukça zordur. Poliester lifleri dispers boyarmaddeler ile boyanabilmektedir. Dispers boyarmaddeler, boyama esnasında süspansiyon halinde bulunmaktadır. Dispers boyarmaddelerin suda çözünürlüğü sınırlı olduğu için boya çözeltilisi soğutulduğunda nispeten büyük partiküller olarak liflerin yüzeyine çökmektedir. Sabitlenmemiş boyarmaddelerinin yüzey çökeltileri, haslık özelliklerinde azalmaya ve nüansın matlaşmasına neden olmaktadır. Boyama işleminin türüne bağlı olarak lif yüzeyinde boya varlığının yanı sıra, yüzey aktif maddeler, göç engelleyiciler ve taşıyıcı kalıntılar da bulunabilmektedir. Poliester liflerine uygulanan boyama işlemi sonrası indirgen yıkama yapılmakta ve indirgen yıkama sonrası kurutma işlemi uygulanmaktadır. Kurutma işlemi genellikle ramöz makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Kurutma sonrası boyarmadde, kumaş üzerinde bir tabaka oluşturmakta ve kurutulmuş kumaş üzerindeki bu boyarmaddenin lif içerisine fiksaj olması yüksek sıcaklıklarda sağlanmaktadır. Sıradan endüstriyel uygulamalarda, PET için 180 °C'de 30 s boyunca, PA 6.6 için 180 °C'de 30 s boyunca ısı işlem uygulanmaktadır. Lif üzerindeki boyarmaddelerin termal göçü bu tür ısı işlemlerle bağlantılıdır. Boyarmaddenin termal göçü sırasında, kimyasal olarak bağlanmayan boyarmaddelerin kumaşın yüzeyine doğru hareketi ile lif yüzeyinde toplandığı gözlemlenmektedir. Bir kısmının da atmosfere süblimleştiği bilinmektedir. Aynı zamanda termal göçün oluşma derecesi ve kimyasal olarak bağlanamayan boyarmadde miktarı, liflerin haslık değerlerini etkilediği ve yaş haslık değerlerini belirlemede önemli bir etken olduğu yapılan literatür çalışmaların da yer almaktadır.

Boyalı poliester liflerine uygulanan yumuşatıcılar ve kayganlaştırıcılar gibi kimyasal yüzey kaplamaları da termal göçü arttırmakta ve boyalı kumaşın yaş haslıklarını düşürmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda noniyonik işlemlerde iyonik yapıdaki ürünlerin kullanılmasının termal migrasyonu arttırdığı savunulmuş, hem iyonik hem noniyonik yüzey aktif maddelerinin termal göçü arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bazı çalışmalarda ise silikon yumuşatıcılarda kullanılan alkilpoliglikoz tipi emülsiyonlaştırıcıların termal göçü azaltıcı bir alternatif olabileceğine değinilmiştir.

PET ve PA 6.6 liflerinin hem boyama sonrası termal migrasyonun minimize edilmesi, yaş haslıklarının da iyileştirilmesi ve genel olarak haslıkların geliştirilmesi amaçlanan çalışmalarda inovatif ve sürdürülebilir teknikler olarak sınıflandırılan ultraviyole, mikrodalga ve liyofilizasyon yöntemleri kullanılmış ve bu geleneksel olarak uygulanan yöntemler ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemlerin PA 6.6 ve PET liflerinin haslıklarını nasıl etkilediği incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki bölümlerinde sırasıyla PET ve PA 6.6 liflerinin üretimi, özellikleri ve kullanım alanları, PET ve PA 6.6 liflerine uygulanan terbiye işlemlerinden bahsedilecektir. Dördüncü ve beşinci bölümde termal migrasyon, PET ve PA 6.6 liflerinin kurutma ve ısı fiksaj metotları, altıncı bölümünde inovatif ve sürdürülebilir aplikasyon teknikleri hakkında literatür bilgisi verilecektir. Bu tez çalışmanın yedinci bölümünde ise gerçekleştirilen çalışmalar ile ilgili materyal metod anlatılacak ve diğer bölümde de elde edilen bulgular verilecek ve sonuçlar değerlendirilecektir.

## 2. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN ÜRETİMİ, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

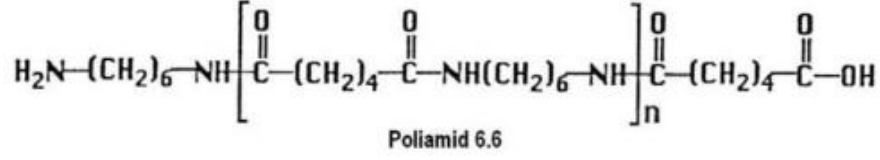
Bu bölümde PA 6.6 ve PET liflerinin üretimleri, lif özellikleri, kullanım alanları hakkında literatürden kısa bilgiler verilecektir.

### 2.1 PA 6.6 Liflerinin Yapısı, Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları

#### 2.1.1 PA 6.6 Liflerinin Yapısı ve Üretimi

Dünyada üretilen ilk sentetik lif poliamid lifleridir. Halk arasında naylon olarak adlandırılmaktadır. Mekanik dayanımı oldukça yüksek olan poliamid liflerinin yaygın olarak üretilen ve kullanılan farklı türleri mevcuttur. Bunlardan biri de PA 6.6 (nylon 6.6)'dır (Saçak 1994).

PA 6.6, heksametilendiamin [ $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ ] ve adipik asit [ $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ] monomerlerinin kondensasyon polimerizasyonu ile oluşmaktadır (Saçak 1994, Yılmaz ve diğ. 2009, Rivlin 1992, Alagirusamy ve Das 2010). Her iki monomerde yapısında 6 karbon atomu bulundurulur. Bu nedenle PA 6.6 adını almaktadır (Saçak 1994, Yılmaz ve diğ. 2009, Rivlin 1992, Alagirusamy ve Das 2010). Kondensasyon polimerizasyonu sırasında diasit (-COOH) ile diamin (-NH<sub>2</sub>) reaksiyona girmektedir. Amin nitrojeni üzerindeki açık elektron çifti karboksilik asit grubundaki karbonil karbonu ile etkileşime girer ve reaksiyon sırasında su açığa çıkarken, amin ve asit arasında da amid bağı oluşmaktadır (Rivlin 1992, Alagirusamy ve Das 2010, Yılmaz ve Kanık 2009). PA 6.6'nın genel yapısı Şekil 2.1'de gösterilmektedir (Yılmaz ve Kanık 2009).



Şekil 2.1: PA 6.6'nın genel yapısı (Yılmaz ve Kanık 2009)

PA 6.6, Carothers 'in makromoleküller üzerine başlattığı çalışmaların bir sonucu olarak 1938'de yapay polimerlerden üretilen bir liftir (Saçak 1994). Üretimi sırasında heksametilen diamin ve adipik asit çözeltileri ayrı ayrı hazırlanmaktadır. Bu çözeltiler karıştırıldığında heksametilen diamonyum adipat yani naylon tuzu çökmektedir. Naylon tuzu içerisine % 0,2-1,5 mol arasında asetik asit ilave edilerek azot atmosferinde eritilmektedir ve uygun polimerizasyon koşullarında (280 °C, 4 sa) üretimi gerçekleştirilmektedir. Burada asetik asit gibi monofoksiyonel bir asit kullanılmasının amacı zincir sonlarındaki -NH<sub>2</sub> ile etkileşim sağlayarak zincir ucunun kapanmasını sağlamaktır. Mat bir poliamid 6.6 üretilmek istenirse polimere TiO<sub>2</sub> ilavesi yapılması gerekmektedir. Genellikle poliamid polimerlerinden Poliamid 6.6 lifi elde etmek için eriyikten lif çekim yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile eriten poliamid polimerleri basınç uygulanarak sabit bir hızla düzelerle gönderilmektedir. Düzelerden geçirildikten sonra soğuk hava akımının etkisiyle katılaşmakta ve filamentler oluşmaktadır. Bu filamentler daha sonra sarma bobinlerine gönderilmekte 650 m/dk lık bir sarma hızı ile sarılmaktadır. Polimerlerin düzeye pompolanma hızı, düze delikleri ve filamentlerin sarım hızı filament denyesini etkileyen faktörlerdendir. Poliamid liflerinin lif çekim yöntemi ile elde edilmesi sırasında erime sıcaklığı ve camlaşma sıcaklığı gibi özelliklere dikkat edilmelidir. Bazı liflerin erime sıcaklıkları ve lif çekme sıcaklıkları Tablo 2.1'de verilmektedir (Saçak 1994, Yıldırım 2015).

**Tablo 2.1:** Eriyikten lif çekme yöntemine göre elde edilen PET ve PA liflerinin lif çekme sıcaklıkları

Lif	Erime Sıcaklığı °C	Lif Çekme Sıcaklığı °C
PA 6.6 (Poliamid 6.6)	260-265	<b>280-290</b>
PA 6 (Poliamid 6)	215-230	<b>270-280</b>
PET (Polietilen tereftalat)	264-265	<b>280-300</b>

### 2.1.2 PA 6.6 Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Alifatik poliamidler genellikle yarı kristaldir. Bu lifler oriente edilebilmektedir. (Bunsell 2009). Isınınca yumuşayan soğuyunca katılaştıran (termoplastik) ve hidrofob özelliklere sahip olan PA 6.6 liflerinin en önemli özelliği kopma ve sürtme dayanımlarının yüksek olmasıdır (Bunsell 2009).

Polimerler olarak naylonlar mekanik olarak sert maddelerdir (Bunsell 2009). Hem poliamid 6 hemde poliamid 6.6 iyi bir termal ve kimyasal dirence sahiptir. Bu liflerin hem mekanik hemde termal özellikleri üzerine literatürde oldukça fazla çalışma mevcuttur. PA 6.6 liflerinin mekanik ve termal özellikleri Tablo 2.2’de verilmektedir (Bunsell 2009, Yıldırım 2015, Özdil ve Telli 2013, Chan ve Thomas 2012, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>a</sup>).

**Tablo 2.2:** PA 6.6 liflerinin mekanik özelliklerinin PA 6 ile karşılaştırılması

Özellik	PA 6.6	PA 6
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1,14	1,14
İncelik (den)	6-20	6-20
Çap (µm)	7-15	7-15
Mukavemet (cN/tex)	55-90 (660-1080MPa)	45-90 (540-1080 MPa)
Kopma uzaması (%)	15-30	15-40
Başlangıç modülü (cN/tex)	250-450(3000-5400 MPa)	150-500 (1800-6000MPa)
Camlaşma sıcaklığı (°C)	47-90	40-80
Erime sıcaklığı (°C)	260	215-220
Sp. Heat capacity (J/g °C)	620	430
Limiting Oxygen Index	22	20

PA 6.6 liflerinin mekanik özellikleri temel olarak polimerik zincirlerin molekül ağırlığına ve ağırlık dağılımına, liflerin yapısal morfolojilerine, zincir moleküllerinin oryantasyonlarına ve derecesine bağlıdır (Bunsell 2009). Burada eğirme, çekme ve sonraki ısıl işlem koşullarının liflerin yapısal morfolojisini büyük ölçüde etkilediği bilinmektedir. Ayrıca, fonksiyonel katkı maddelerinin ve diğer polimerik bileşenlerin varlığı hem yapı morfolojisini hem de nihai lif özelliklerini güçlü bir şekilde etkileyebilir. PA 6.6 yüksek mukavemetli bir lifdir. Kristallik ve moleküler oryantasyona bağlı olarak mukavemet 50-90 cN/tex ya da 550-1100 MPa

arasında değişmektedir (Bunsell 2009). Naylonlar ayrıca yüksek genişletilebilirlik sunmaktadır. Naylonlar doğada kısmen hidrofildir. Nem oranının kopma uzamasına etkisi mukavemetten daha fazla olduğu bilinmektedir. Artan sıcaklıkla mukavemet azalmakta ve genişletilebilirlik artmaktadır. Sıcaklığın mukavemet ve uzama üzerindeki etkisi düşük nemden ziyade, yüksek nemden kaynaklanmaktadır (Bunsell 2009). Naylon 6 ve naylon 6.6 liflerinin termal davranışı, liflerin kristalimsi ve amorf yapılarına bağlanmaktadır (Bunsell 2009).

PA 6.6 lifleri üzerine yapılan çalışmalarda hem termal oksidatif hemde % 100 bağıl nem koşullarında PA 6.6 liflerinin çekme dayanımları incelenmiştir (Bernstein ve diğ. 2005). Termal oksidatif (37 °C - 138 °C) koşullara kıyasla % 100 bağıl ortamlarda PA 6.6 liflerinin çekme dayanımı kaybının ciddi anlamda arttığı sonucuna varılmıştır (Bernstein ve diğ. 2005).

PA 6.6 liflerinin asitlere karşı dayanımları oldukça düşüktür. Seyreltik asit çözeltileri ile soğuk ortamda işlem gerçekleştirildiğinde PA 6.6 lifleri zarar görmemektedir. Fakat yüksek sıcaklıklarda formik asit gibi organik asitler PA 6.6 liflerini parçalamaktadır. PA 6.6 liflerinin alkali dayanımları oldukça yüksektir. Özellikle poliester ile karşılaştırıldığında poliester liflerinin aksine alkali dayanımları çok daha yüksektir. PA 6.6 liflerinin ağartılmasında sodyumklorit liflere zarar vermediği için tercih edilmektedir. İndirgen yıkama işlemlerinde ise yine PA 6.6 liflerine zarar vermediği için Sodyum hidrosülfid tercih edilmektedir. Yüksek yalıtım özelliği, lifte statik yüklenmeye neden olmaktadır. Işıktaki renk değişimi gözlemlenmemektedir (Aniş 2005, Vagholkar 2016).

Su emilimi, naylonların özelliğidir (Vagholkar 2016). Kristalliğin artması ile daha yüksek bir amid grubu oranı daha yüksek su emilimine yol açmaktadır. Çok düşük sıcaklıkta, naylon sertleşmektedir. Bu nedenle, Naylon 6.6'nın kırılma sıcaklığı (ASTM D746) kuru ise -80 °C ve % 50 bağıl neme koşullu ise 65 °C olarak literatürde yer almaktadır (Vagholkar 2016).

Poliamid lifleri arasında naylon 6.6 lifleri, yüksek mukavemetli, dayanıklılığa ve gerilebilirliğe ve ayrıca yüksek erime noktasına bağlı olarak iyi ısı dirence sahip bir lifdir. Bu nedenle giyimde ve birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır (Tanji ve diğ. 1985).

### **2.1.3 PA 6.6 Liflerinin Kullanım Alanları**

PA 6.6 lifleri çoraplar, diş fırçası, giysiler, halılar, otomotiv parçaları, sıcak hava balonları ve paraşütler gibi bir çok farklı alanda ve ürünlerin yapımında kullanılan yaygın bir polimerik malzemedir (Bernstein ve diğ. 2005). Genellikle yüksek mekanik dayanım, rijitlik, ısı altında iyi stabilite ve kimyasal direnç gerektiren bütün alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek dayanıklılığı nedeniyle halat, paraşüt, kayış yapımında kullanılan PA 6.6 lifleri, yaş haldeki dayanıklılığının iyi olması nedeniyle balık ağı yapımında da kullanılmaktadır. En önemli kullanımlarından bir tanesi de yer döşemeleridir. Kolay bakım özellikleri ve dayanıklılığı nedeniyle kalabalık yerlerde yer döşemesi olarak tercih edilmektedir. Otomotiv uygulamalarında da geniş bir yere sahip olan PA 6.6 lifleri; rocker kapakları, hava giriş manifoldları ve yağ karterlerinde, elektro yalıtkan malzemelerde de kullanılmaktadır. PA 6.6 lifleri özellikle cam lifli takviyeli malzemelerde halojen içermeyen ürünlerle etkin bir şekilde ateşe dayanıklı olabilmektedir. Fosfor bazlı güç tutuşur sistemler bu yangına dayanıklı PA 6.6 esaslı polimerlerde kullanılabilir (Url\_5).

## **2.2 PET Liflerinin Yapısı, Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları**

### **2.2.1 PET Liflerinin Yapısı ve Üretimi**

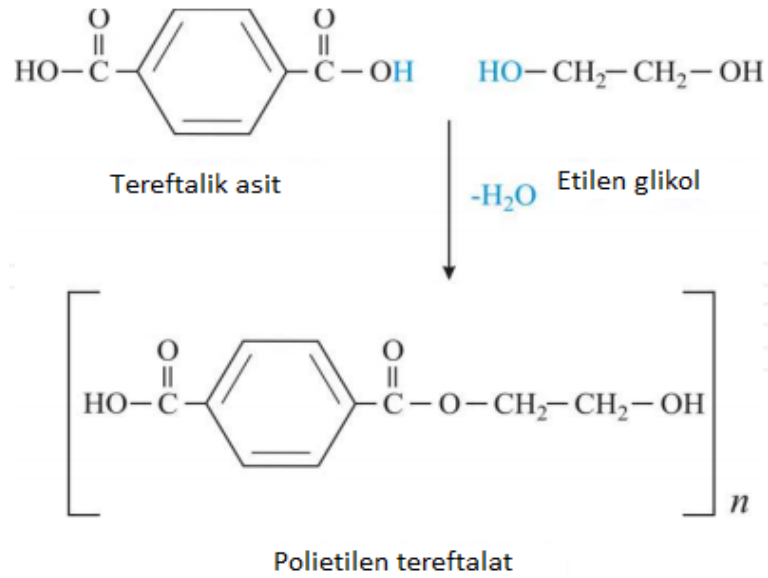
Polietilen tereftalat, genel olarak kısaltılmış PET, poliester ailesinin en yaygın kullanılan termoplastik polimer reçinesidir (Url\_6). Petrol türevi olan PET lifleri dünya çapında sentetik tekstil lifi üretiminde ilk sırada yer almaktadır. (yaşlaşık % 60). PET, genellikle geri dönüştürülmektedir ve reçine tanımlama kodu (RIC) olarak "1" sayısına sahiptir (Url\_6).

PET, etilen glikol ve dimetilteraftalattan (DMT) veya tereftalik asitten üretilmektedir. Genel olarak tekrarlayan ( $C_{10}H_8O_4$ ) birimleri ile birlikte monomer etilen tereftalatın polimerize edilmiş birimlerinden oluşmaktadır (Url\_6, Broadbent 2001).



Dimetil tereftalat (DMT) işleminde, bu bileşik ve fazla etilen glikol erimiş halde 150-200 °C'de bazik bir katalizör ile reaksiyona girmektedir. Metanol (CH<sub>3</sub>OH), reaksiyonun ilerletilmesi için damıtılarak uzaklaştırılmaktadır. Fazla etilen glikol, vakum yardımıyla daha yüksek sıcaklıkta damıtılmaktadır. İkinci transesterifikasyon adımı sürekli etilen glikol damıtmasıyla birlikte 270-280 °C'de ilerlemektedir. PET üretiminde polikondensasyon reaksiyonu, tereftalik asit işleminde, etilen glikol ve tereftalik asidin esterlenmesi doğrudan orta basınçta (2,7-5,5 bar) ve yüksek sıcaklıkta (220-260 °C) gerçekleştirilmektedir. Reaksiyonda su elimine edilmekte ve ayrıca damıtma ile sürekli olarak uzaklaştırılmaktadır (Broadbent 2001, Url\_6). Genel olarak PET liflerinin ekstrüzyon bölgeleri 280-300 °C olarak belirtilmektedir (Thiele 2002).

Monomer bis (2-hidroksietil) tereftalat, bir yan ürün olarak su ile tereftalik asit ve etilen glikol arasındaki esterleşme reaksiyonu veya bir yan ürün olarak metanol ile etilen glikol ve dimetil tereftalat (DMT) arasındaki transesterifikasyon reaksiyonu ile sentezlenebilmektedir. Polimerizasyon, monomerlerin (esterleşme/transesterifikasyondan hemen sonra yapılır) yan ürün olarak su ile polikondensasyon reaksiyonundan geçmektedir (Broadbent 2001, Url\_6). PET lifi kimyasal yapısı Şekil 2.2'de gösterilmektedir (Kalebek ve Babaarslan 2016). Kimyasal formülü ise (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>)<sub>n</sub> 'dir (Url\_6).



Şekil 2.2: PET lifinin kimyasal yapısı (Kalebek ve Babaarslan 2016)

İşlemesine ve termal geçmişine bağlı olarak, PET hem şekilsiz (saydam) hem de yarı kristalli bir polimer olarak bulunabilmektedir. Yarı kristalimsi malzeme, kristal yapıya ve parçacık boyutuna bağlı olarak saydam (500 nm'den küçük parçacık boyutu) veya opak ve beyaz (birkaç mikrometreye kadar parçacık boyutu) görünebilmektedir (Ur1\_6).

PET yenilenebilir olmayan mineral yağ kaynağından elde edilen aromatik bir poliesterdir. PET zinciri nominal olarak doğrusaldır (Hussain ve diğ. 2015). Ayrıca PET liflerinin kimyasal ve termo-mekanik yöntemler ile geri dönüştürülebilir olması da sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Altun ve Ulcay 2004).

### **2.2.2 PET Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

PET renksiz ve yarı kristal bir reçinedir. İşlenmesine bağlı olarak hafif, yarı sert ve katı olabilmektedir. Darbe dayanımı yüksektir (Ur1\_6). 80 °C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta yüksek bir kopma mukavemeti ve boyutsal stabiliteye sahiptir. PET, güçlü inorganik asitlerin, özellikle sülfürik asit veya nitrik ve hidroklorik asitin saldırılarına karşı kararsızdır (Felsing 2018). Kloroform ve tolüen gibi bazı kimyasallara mağruz kaldığında beyaşlaşmaktadır (Ur1\_6).

Berrak ürünler, şekilsiz bir katı oluşturmak üzere hızlı bir şekilde erimiş polimerin cam geçiş sıcaklığının altında soğutulmasıyla üretilmektedir. Cam gibi, amorf PET, molekülleri eriyik soğutulurken kendilerini düzenli, kristalimsi bir şekilde düzenlemek için yeterli zaman verilmediğinde oluşmaktadır. Oda sıcaklığında moleküller yerlerinde dondurulmakta, ancak camlaşma sıcaklığının üstünde ısıtılarak yeterli ısı enerjisi geri getirilirse, kristallerin çekirdeklenip büyümesine izin vererek tekrar hareket etmeye başlamaktadırlar. Bu prosedür katı hal kristalizasyonu olarak bilinmektedir. Yavaşça soğumaya bırakıldığında, erimiş polimer daha kristalli bir materyal oluşturmaktadır. Bu malzeme, tek bir büyük tek kristal oluşturmak yerine, şekilsiz bir katıdan kristalize edildiğinde birçok küçük kristalit içeren küresel formlara sahiptir. Işık, kristalitler ve aralarındaki amorf bölgeler arasındaki sınırları geçerken dağılma eğilimindedir. Bu saçılma, çoğu durumda kristalin PET'in opak ve beyaz olduğu anlamına gelir. Fiber çekme, neredeyse tek kristalli bir ürün üreten az sayıdaki endüstriyel süreç arasında yer

almaktadır (Ur1\_6). PET liflerinin yoğunluğu  $1,38 \text{ g/cm}^3$  olarak literatürde geçmektedir. Amorf PET liflerinin yoğunluğu  $1,370 \text{ g/cm}^3$  iken tek kristalli PET liflerinin yoğunluğu  $1,455 \text{ g/cm}^3$  tür (Ur1\_6).

**Tablo 2.3:** PET liflerinin fiziksel özellikleri

Yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )	Camlaşma sıcaklığı ( $T_g$ ) °C	Erime sıcaklığı ( $T_m$ ) °C	Kopma mukavemeti (MPa)	Çekme modülü (Mpa)	Kopma Uzaması (%)	Kırılma indeksi	Kaynak
1.38	70-80	260	-	-	-	-	Hussain ve diğ. 2015
-	73-80	245-265	48-72	200-4100	30-300	-	Jamshidian ve diğ. 2010
-	-	220-280	-	-	-	-	Kalebek ve Babaarslan 2016
-	-	-	50,66 cN/tex	-	25,74	-	Özdil ve Telli 2013
1,37	-	-	-	-	-	-	Felsing 2018
1,40	80	265	-	-	-	-	Chan ve Thomas 2012
-	76-80	254-258	-	-	-	-	Thiele 2002
0,49	80	265	-	-	-	-	Houck ve diğ. 2001
1,38	67-81	250-260	55-75	2800-3100	-	1,57-1,58	Ur1_6

Özdil ve Telli (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada PET liflerinin inceliğini  $1,57 \text{ d/tex}$ , uzunluğunu  $28,77$ , mukavemetini  $50,66 \text{ cN/tex}$ , kopma uzamasını da %  $25,74$  olarak belirtmektedir.

PET lifleri ucuzdurlar, petrokimyasal kaynaklardan kolayca üretilmektedirler ve arzu edilen bir aralığa sahiptirler. Fiziksel özellikler güçlü, hafif, kolay boyanabilir ve kırılmaya karşı dirençli olarak ifade edilmektedir ve çok iyi yıkama

aşınma özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle, çoğunlukla dokunmamış kumaş üretiminde kullanılmaktadırlar (Kalebek ve Babaarslan 2016).

### 2.2.3 PET Liflerinin Kullanım Alanları

PET lifleri halı, perdeler, çarşaflar ve yastık kılıfları, duvar kaplamaları ve döşemeliklerde, her türlü kıyafet yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra PET lifleri, otomobil döşemelerinde, yelkenlerde, ağlarda, hortumlarda ve güç kayışlarında da kullanılmaktadır. Gıda sektöründe ambalajlamada ve şişelerin üretiminde de yaygın kullanılan PET lifleri mühendislik reçineleri için cam lifi ile kombinasyon halindedir (Kalebek ve Babaarslan 2016).

Örneğin cerrahların önlükleri bir zamanlar ketenden dokunmuştu, ancak şimdi çoğunlukla bükülmüş-bağlanmış eritilerek şişirilmiş laminatlar üzerindeki itici işlemleri dolandırılmış poliestere lifli hamur kompozitlerinden yapılmaktadır. Bu yeni önlükler, cerrah ve hasta arasında nefes alabilen bir bariyer sağlama konusunda eski malzemelerden çok daha üstündür ve bu da hastane enfeksiyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Kalebek ve Babaarslan 2016).

Poliester, selülozik liflerden daha az yanıcıdır, çünkü alevle temas ettiğinde erimektedir. Bir DuPont ticari ismi olan Crystar, poliestere destekli kumaş olarak üretmek için kullanılır. Matarh'ın Ultraskin gibi ultrasonik olarak bağlanmış poliestere / polipropilene karışımı, koruyucu giysilerin, rahatlığı sağlamak için gereken nefes alabilirliği sunarken kullanıcıları yağmurdan koruduğu söylenmektedir (Kalebek ve Babaarslan 2016). Yalıtım ve endüstriyel ürünlerin çoğu, kuru ve yaş serme yöntemleriyle sentetik ve inorganik liflerden üretilmektedir. Dokunmamış (nonwoven) poliestere lif paspaslar, elektriksel yalıtım laminatları ve elektrikli bant destekleme aletleri üretmek için kullanılmaktadır (Kalebek ve Babaarslan 2016).

Poliester lif kompozitleri, filtrasyon ortamı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Kompozit yapı katmanları mükemmel yırtılma mukavemeti, pürüzsüz, lifsiz bir yüzey ve kenar stabilitesi sağlamaktadır. Bu ürünler yüksek filtrasyon verimleri sağlamaktadır. Poliester lifler koltuk minderleri, sırt yastıkları, şilteler ve şezlonglarda, dekoratif ve atmalı yastıklarda, dış mekan mobilyalarında ve

hatta lif doldurma uygulamalarında elle doldurulmuş özel döşemelerde kullanılmaktadırlar (Kalebek ve Babaarslan 2016).

Dünyadaki PET üretiminin çoğunluğu, sentetik talebe yöneliktir (% 60'dan fazla), ŐiŐe  retimi küresel talebin yaklaşık % 30'unu oluşturmaktadır. Tekstil uygulamaları bağlamında, PET genel adı poliester olarak adlandırılır, oysa PET kısaltması genellikle ambalajlama ile ilgili olarak kullanılmaktadır. Poliester, dünya polimer üretiminin yaklaşık % 18'ini oluşturmakta ve polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polivinil klorürden (PVC) sonra en çok üretilen dördüncü polimer olarak nitelendirilmektedir (Kalebek ve Babaarslan 2016).



### **3. PA 6.6 VE PET LİFLERİNE UYGULANAN TERBİYE İŞLEMLERİ**

Herhangi bir tekstil materyalini görünüş ve kullanılabilirlik açısından daha iyi ve daha değerli hale getirme işlemlerinin tümüne terbiye işlemleri denmektedir (Güçer 2016). Terbiye işlemleri sayesinde tekstil materyalinin rengi gibi dış görünüş özellikleri değiştirilmekte ve kullanım alanına göre fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Terbiye işlemleri uygulanırken kullanılan materyalin lif yapısının bozulmamasına ve kalitesinin artırılmasına dikkat edilmelidir. Terbiye işlemleri genel olarak ön terbiye işlemleri, renklendirme (boyama-baskı) işlemleri, apre (bitim) işlemleri (yaş apre– kuru apre) gibi birkaç işlem basamağını kapsamaktadır (Güçer 2016).

#### **3.1 Ön Terbiye İşlemleri**

Tekstil materyallerine uygulanan ön terbiye işlemlerinin amacı tekstil materyalinin yüzeyinde bulunan yağ ve kir gibi her türlü yabancı maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamaktır (Güçer 2016). Böylece tekstil materyali bir sonraki işlem adımı olan boyama ve baskı işlemine hazırlanmaktadır. Boyama ve baskıdaki hataların % 60-70'i yanlış veya yetersiz ön terbiye işlemidir. Bu yüzden ön terbiye işlemleri terbiye işlemleri arasında en önemli adımdır (Güçer 2016). Sentetik liflere uygulanan ön terbiye işlemleri yıkama, ısıl fiksaj ve beyazlatmadır. PA 6.6 ve PET liflerinden elde edilmiş kumaşlara genellikle uygulanan ön terbiye işlemi yıkama işlemidir. Bu tez çalışmasında da PA 6.6 ve PET kumaşlara ön terbiye işlemi olarak yıkama işlemi uygulanmıştır. Buradaki amaç boya çözeltilisinin lif yüzeyine erişebilmesini engelleyen durumların ortadan kaldırılmasıdır (Broadbent 2001). Literatürde PA 6.6 ve PET kumaşlarına uygulanan yıkama işlemleri ve her bir lif için uygulanan işlem şartlarını bulmak mümkündür. Poliamid lifleri genellikle 70 °C'de bir deterjan (yüzey aktif madde) ve sodyum karbonat (soda külü) çözeltisi ile muamele edilen bir işlemdir (Broadbent 2001). PLA liflerinin ön yıkama işleminde

de yüzey aktif madde ve sodyum karbonat kullanılmaktadır. İşlem şartı da 60-70 °C'de 15 dk olarak literatürde yer almaktadır (Url\_2).

Phillips ve diğ. (2004<sup>b</sup>) dispers boyalı kumaşların yaş haslık özelliklerini, ısı işlem sonucunda boyaların termal göç değerleri ile ilişkilendirmek için bir çalışmada bulunmuşlardır. Çalışmalarında PET ve PLA liflerinden üretilmiş örme kumaşlar kullanmışlardır ve ön yıkama işlemlerinde noniyonik yüzey aktif maddesi olan Kieralon Jet B konsantresi (1g/l) ve sodyum karbonat (soda külü) (1g/l) kullanmışlardır. İşlem şartı 60 °C'de 15 dk'dır ve 10 dk soğuk durulama yapmışlardır.

Kim ve diğ. (2005) farklı moleküler yapıları sahip poliester esaslı (EDY, PTT, PET) liflerde dispers boyamanın termodinamik parametrelerini incelemişlerdir. PTT liflerinin ön yıkama işlemlerini 60 °C'de 30 dk 2g/l iyonik olmayan yüzey aktif maddesi kullanarak gerçekleştirmiştir.

Avinc ve diğ. (2009) Polilaktik asit (PLA) kumaşlarına uygulanan farklı terbiye koşullarının ve seçilen dispers boyaların yaş haslık özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları PLA ve PET kumaşların ön terbiye işlemlerinde noniyonik yüzey aktif maddesi olan Kieralon Jet B konsantresi (1g/l) ve sodyum karbonat (soda külü) (1g/l) kullanmışlardır. İşlemi 60 °C'de 15 dk olarak uygulamışlardır. 10 dk soğuk durulama yapıp, oda sıcaklığında kurumaya bırakmışlardır.

Bakan ve diğ. (2018) bir başka çalışmalarında sentezledikleri bir dizi disazo pirazol dispers boyaları PET, PLA ve PA 6.6 liflerine uygulamışlar ve kolorimetrik ve renk haslığı özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada da PET, PLA, PA 6.6 kumaşların ön yıkama işleminde yüzey aktif bir madde olan Kieralon Jet B konsantresi (1 g/l), sodyum karbonat (soda külü) (1 g/l) kullanılmış ve 60 °C'de 15 dk işlem görmüştür. 10 dk soğuk su ile durulanmıştır.

### 3.2 Boyama İşlemleri

Tekstil yarı mamullerinin müşteri isteklerine uygun, kullanıma hazır hale gelebilmesi için, ayrıca homojen bir renk görüntüsü kazanabilmesi için uygulanan kimyasal işlemlere boyama işlemi denilmektedir (Broadbent 2001). Genel olarak poliester ve poliester türevli liflerin dispersiyon boyarmaddesi ile boyanabildiği bilinmektedir. Poliamid lifleri ise dispersiyon boyarmaddeler ile boyanabilmelerinin yanında hafif yün karakteri gösterdikleri için yün liflerini boyayan boyarmaddeler ile de boyanabilmektedir. (örnek: asit boyar maddeleri ve metal kompleks boyarmaddeleri). Fakat poliamid liflerinin yapısında bulunan amino gruplarının (-NH<sub>2</sub>) az olması asit boyarmaddelerinin liflere bağlanmasını olumsuz etkilemektedir. Aynı boyarmadde ile yün liflerine bağlanan boyarmadde miktarı % 30'larda iken poliamid liflerine bağlanan boyarmadde miktarı % 1 ile % 5 arasında değişmektedir. Bu durum her ne kadar poliamid liflerinin dispersiyon boyarmaddelerden farklı boyarmaddeler ile boyanabildiğini gösterse de düzgün bir boyama sağlanmasının zor olduğunu da kanıtlar niteliktedir (Çoban 1999). Aynı zamanda poliamid liflerinin boyanmasındaki en önemli sorunlardan biri de barre-effekt olarak adlandırılan çizgili-yollu boyamadır. Bu durum, zayıf geçişli boyaların lifleri fiziksel ve kimyasal değişikliklerle eşit şekilde boyayamaması ve poliamid liflerinin makromoleküllerinin düzensüzlüğünden kaynaklanmaktadır. Bu sonunun oluşmasını önlemek için lifin yapısındaki kimyasal ve fiziksel değişimler kontrol edilmektedir. Düşük afiniteli boyalar seçilerek, boyamalar yüksek sıcaklıkta (110-120 °C) yapılmaktadır ve küçük moleküllü boyarmaddeler tercih edilmektedir ve poliamid liflerinin dispers boyarmaddeler ile boyanması ile bu risk ortadan kalkmaktadır. Ayrıca dispersiyon boyarmaddeleri poliamid liflerini iyi örtme özelliğine sahiptir (Broadbent 2001).

Poliester liflerinin kristalin bölgelerinin fazla amorf bölgelerinin az olması, hidrofobik karaktere sahip olması ve boyarmadde ile kimyasal bağ oluşturabilecek fonksiyonel gruplarının olmaması bu liflerin boyanabilirliğini zor kılmaktadır (Broadbent 2001). Disperse boyama mekanizmasında dispers boyarmaddeler ile boyarmadde parçacıklarının lif içerisine hapsedilmesi sağlanmaktadır (Broadbent 2001). Poliester lifleri ve poliester esaslı liflerin boyanma oranını arttırmak için farklı boyama metotları geliştirilmiştir (Yıldırım 2015, Çoban 1999). Bunlardan biri,



poliester lifleri içerisinde boyarmadde moleküllerinin oluşturulması sağlanan azoik boyamadır. İkincisi camlaşma noktası düşürülerek, 100 °C ve altında boyamanın gerçekleştirilebildiği, taşıyıcı olarak adlandırılan klororganik bileşikler (o-diklorbenzen, 1,2,4-triklorbenzen, n-butilbenzoat, 1-metilnaftalin) kullanılarak lif yapısının açılması sağlanan carrier boyamadır. Bir diğeri 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda basınç altında gerçekleştirilen HT boyamadır (Çoban 1999) ve son olarak, poliesteri ve boyarmaddeyi kuru durumda lifin yüksek sıcaklığa (180-220 °C) çıkartılması ve boyarmaddenin lif içerisine difüzyonu ile gerçekleştirilen termosol boyamadır (Yıldırım 2015, Uğur 2004). Carrierli boyamada kullanılan klorlu bileşiklerin sağlık açısından riskli olması ve çevresel etkileri nedeniyle kullanılması yasaklanmıştır. En yaygın olarak kullanılan boyama işlemi HT boyamadır. Çünkü hem insan sağlığına hemde çevreye karşı daha az tehdit oluşturmaktadır (Yıldırım 2015, Çoban 1999).

PA 6.6 lifleri, HT şartlarında (HT boyama yöntemine göre) dispers boyarmaddeler ile boyama sıcaklığı 120 °C ve 40 dk işlem yaparak boyanabilmektedirler (Bakan ve diğ. 2018).

PET lifleri, gerçekleştirilen çalışmalara göre 130 °C'de işlem süresi 40 dk olacak şekilde pH 6 olarak ayarlandığında düzgün boyamalar elde edilebilmektedir (Bakan ve diğ. 2018).

Bir başka çalışmada PET liflerinin dispers boyama koşulu 130 °C'de, 30 dk'dır (Url\_2).

Kim ve diğ. (2004) farklı moleküler boyuta sahip dispers boyaların termomigrasyonunun haslıklar üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada poliester liflerinin dispers boyarmaddeler ile boyanması işlemini pH 4.5, sıcaklık 130 °C ve işlem süresi 60 dk olacak şekilde uygulamışlardır.

Biz de bu tez çalışmasında, yapılan deneysel çalışmalar ışığında, PA 6.6 ve PET liflerinin boyanmasında çevre ve insan sağlığı bakımından en çok tercih edilen HT boyama yöntemine göre dispers boyarmaddeleri ile boyama işlemimizi gerçekleştirik.

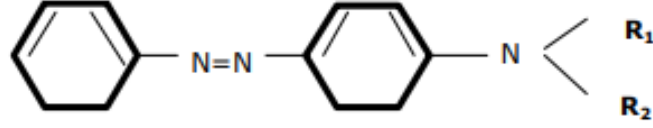
### 3.2.1 Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyarmaddeler ilk olarak 1920 li yılların başlarında selüloz asetat liflerini boyamak için Ellis tarafından geliştirilmesi büyük bir buluş niteliğindedir. Günümüzde sentetik liflerin ve selüloz asetat liflerinin doğrudan bir boyama tekniği kullanılarak boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Yıldırım 2015, Broadbent 2001, Deopura ve diğ. 2008).

Dispers boyarmaddeler noniyoniktir (Broadbent 2001, Aspland 1992). Oda sıcaklığında suda çözünürlüğü oldukça sınırlıdır. Poliesterler ve naylonlar gibi hidrofobik liflere substantiviteye ve afiniteye sahiptirler. Ayrıca katı halden direk gaz haline geçerek süblime olma özelliğine sahiptirler (Yıldırım 2015, Deupono ve diğ. 2008, Aspland 1992). Bu boyarmaddeler boya banyosunda bir dispersiyon ajanı varlığında ince bir sulu süspansiyon halde bulunmaktadır ve uygulamaları genellikle bu şekilde sağlanmaktadır. Renk İndeksinde (I) verilen ve en önemli lifleri vurgulamak ve boyanın suda çözünürlüğünün düşük olmasına rağmen, normal olarak boyanın gerçekleştiği sulu solüsyon olduğu gerçeğini yansıtmak için yapılan vurguyu değiştirmektedir. Su, az miktarda boyayı monomoleküler formda çözmektedir. Çözünen boyarmaddenin monomoleküller formda olması çözeltilerin ayrıcı özelliğini ifade etmektedir (Broadbent 2001, Aspland 1992).

AATCC Satın Alma Rehberi (AATCC Buyer's Guide), 200'den fazla Renk Endeksi adı altında 700'den fazla dispers boya ürünü listelemektedir. Bu boyarmaddelerin çoğu mavi rengi vermektedir. Sayısal veriler ile ifade edilecek olur ise, boyarmaddelerin % 30'u mavi rengi, % 25'i kırmızı rengi, % 20'si sarı rengi, % 8'i portakal ve menekşe (oranj-violet) rengini, % 3'ü kahverengini vermektedir (Yıldırım 2015, Uğur 2004, Aspland 1992). Bu renk gamı siyah ve yeşiller için küçük bir yer vermektedir. Çünkü noniyonik olan ve hidrofobik liflere yayılabilen ve difüze edebilecek kadar küçük moleküler büyüklükte yeşil ve siyah bileşenlerin sentezlenmesi zordur. Fakat bu durum dispers boyalar ile yeşil ve siyah boyaların elde edilmesinde bir sorun olduğunu göstermez (Aspland 1992). Mavi ve sarı boyaların bir kombinasyonu yeşil boyamalar verir. Siyahlar, serbest bir primer amino grubu içeren absorbe edilmiş boyanın diazotizasyonunu ve ardından bir eşleştirme bileşeniyle reaksiyona girmeyi içeren boyanın son işlemini gerektirir. Siyah dispers

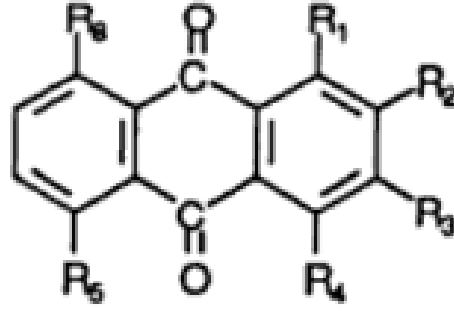
boyalar ayrıca donuk portakal, rubine ve lacivert boyalarının karışımları da olabilir (Broadbent 2001). Bir dispers boyanın temel yapısı Şekil 3.1’de gösterilmektedir (Balcı 2011).



Şekil 3.1: Dispers boyanın temel yapısı (Balcı 2011)

Dispers boyaların çoğu iyonik olmayan düşük moleküler ağırlıklı azo ve antrakinin türevleridir (Broadbent 2001). Azo boyarmaddeleri yapısında kromofor grup olarak azo grubu bulunduran boyarmaddelerdir. Azo grubu,  $-N=N-$  grubu olup en yüksek molar absorpsiyon değerlerine sahip olan kromofor gruptur. Diazolama ve onu takiben katılma tepkimesi adı verilen iki ardışık tepkime sonucunda hazırlanmaktadır. Dispers boyaların yaklaşık % 50 si düşük molekül ağırlıklı mono-azo boyalarıdır. Boya banyosu koşullarında iyonik çözüldürücü gruplar içermezler; yani, oldukça kuvvetli kutuplu olmalarına rağmen, esasen noniyoniktirler (Broadbent 2001, Aspland 1997).

Bu dispers boyarmaddelerin % 25 i antrakinin türevleridir (Broadbent 2001). Antrakinin dispers boyaları genellikle 1-hidroksi veya 1-amino türevleridir. Bunlar kırmızıdan maviye değişen parlak renklere (parlak pembeler ve maviler) sahiptir. Basit antrakinin boyaları, azo bileşiklerine kıyasla düşük molar emiciliğe sahiptir ve bu nedenle daha düşük renk verimine sahip boyamalar verir. Bu tür boyaların üretilmesi ve gerekli kimyasalların üretilmesi genellikle basınç altında karmaşık yapıları içermektedir. Ayrıca antrakinin-1-sülfonik asitler anahtar ara ürünlerdir. Hazırlanmaları için sülfonasyon reaksiyonları ve bunun içinde bir cıva iyon katalizörü kullanılmaktadır. Kimyasal atık sularındaki çevresel cıva tehdidi bu tür boyarmaddelerin sınırlandırılmasına neden olmaktadır (Broadbent 2001). Antrakinin dispers boyarmaddelerin yapısı Şekil 3.2’de gösterilmektedir (Aspland 1997).



**Şekil 3.2:** Antrakinon dispers boyarmaddelerinin yapısal iskeleti (Aspland 1997)

Heterosiklik bileşenlerin kullanımına bağlı olarak daha yeni dispers boyalar giderek artmaktadır; yani normal karbon atomlarının bir veya daha fazlasının yerine azot, kükürt ve oksijen içeren beş veya altı üyeli aromatik halkalar içeren kimyasal radikaller giderek artmaktadır (Aspland 1997).

Polar ikame edicileri, boya molekülünde genellikle bulunmaktadır. Böylece boya, boyama için gerekli olan suda hafif çözünürlüğe sahiptir (Aspland 1997). Hidroksietilamino grupları (NHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH) bu gibi yer değiştiriciler için tipiktir. Bu gibi kutup gruplarının suyla, dipol etkileşimleri ve hidrojen bağları ile etkileşimi, suda çözünürlük için çok önemlidir. Dipol kuvvetleri ve hidrojen bağlarının yanı sıra dispersiyon kuvvetleri de boya moleküllerini liflerdeki polar gruplara bağlamaktadır (Aspland 1997).

### 3.3 İndirgen Yıkama (Redüktif Yıkama)

Boyama işlemi tamamlandıktan sonra boya banyosu soğudukça, dispers boya molekülleri, sınırlı suda çözünürlüğü nedeniyle liflerin yüzeyinde nispeten büyük parçacıklar olarak birikmektedir (Avinc 2011). Sabitlenmemiş boyanın lif yüzeyinde birikmesi, liflerin kolay solmasına ve renk haslığı özelliklerinin azalmasına neden olabilir. Genel olarak, liflerin içine nüfuz etmeyen ve boyalı liflerin yüzeyinde kalan hidroliz boyanın lif yüzeyinden uzaklaştırılması ve ürünün yaş haslık özelliklerini iyileştirmek için dispers boyalarla boyama işlemi tamamlandıktan sonra, indirgeyici bir temizleme aşaması gerçekleştirilmektedir. İndirgen (redüktif) yıkama işleminde lif yüzeyine tutunan boyarmadde molekülleri daha küçük parçalara ayrıştırılarak kumaş yüzeyinden uzaklaştırılmaktadır (Avinc 2011).

İndirgen yıkama işleminde hidrosülfid, tioüredioksit, hidroskiaseton, glikoz derivatları, sodyumborhidrit, sodyumbisülfid, tioglikolikasit gibi indirgen yıkama maddeleri kullanılabilir (Avinc 2011). En çok tercih edilen indirgen yıkama maddesi ise hidrosülfittir. Bu işlem geleneksel olarak alkali bir ortamda gerçekleştirilmektedir. Asidik ortamda gerçekleştirilen indirgen yıkama işlemleri de mevcuttur, fakat bu işlem boyama işlemi sonrasında devam etmektedir. Asidik ortamda gerçekleştirilen indirgen yıkama işleminde, boyama adımından sonra boya çözeltisi boşaltılmadan soğutulur ve indirgen yıkama maddesi ilave edilip, pH ayarı yapılarak devam eden bir prosesi içermektedir (Balcı 2011). İndiren yıkamanın etkinliği, dispers boyaların kimyasal yapısı ile ilişkilendirilir. Dispers boyaların çoğunluğu bir azo grubu (N=N) içerdiğinden, bunlar bir indirgeyici madde (genellikle bir alkalik sodyum ditionit çözeltisi) ile işlemeye duyarlıdır. Bu, azo kromoforunu parçalamakta, azo grubunun iki renksiz amino grubuna bölünmesiyle renk kaybına neden olmaktadır (Avinc 2011). PA 6.6 ve PET liflerinin indirgen yıkama işleminde kullanılan kimyasal aynı olsada indirgen yıkama şartları liflerin camlaşma noktalarına göre farklılık göstermektedir.

PA 6.6 liflerinin indirgen yıkama işlemi 40 °C'de 15 dk, sodyum ditionit (3 g/l) ve sodyum karbonat (3 g/l) kullanılarak gerçekleştirilebilir (Bakan ve diğ. 2018). PET liflerinin indirgen yıkama işlemi 70 °C'de 15 dk, sodyum ditionit (3 g/l) ve sodyum karbonat (3 g/l) kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Bakan ve diğ. 2018).

Jang ve diğ. (2006) çalışmasında kullandığı PET ve PTT kumaşların indirgen yıkama işlemini 60 °C'de 20 dk boyunca, 2 g/l sodyum hidroksit ve 2 g/l sodyum hidrosülfid kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Kim ve diğ. (2004), farklı moleküler boyuta sahip dispers boyaların termomigrasyonunun haslıklar üzerindeki etkilerini üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, boyalı poliester (PET) kumaşlarının indirgen yıkama işlemini 80 °C'de 20 dk boyunca sodyum hidroksit (2 g/l) ve sodyum hidrosülfid (2 g/l) içeren bir sulu çözelti içerisinde gerçekleştirmişlerdir.

## 4. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN VE FARKLI SENTETİK LİFLERİN TERMAL MİGRASYONU

Kumaşlar indirgen yıkama, boyama ve bitim işlemleri sonrası ısı işleme tabi tutulmaktadır. Hem kurutma hem de fiksaj için gerçekleştirilen bu ısı işlemler, aynı zamanda kumaşlara boyutsal stabilize kazandırmak için de uygulanmaktadır. Kısacası, üretim sırasında PET liflerine uygulanan boyama ve indirgen yıkama sonrası uygulanabilen kurutma ve ısı ile fiksaj (Kurutma işlemi yaş kumaşların kurutulması için uygulanmaktadır ve ısı ile fiksaj işlemi ise poliester lifli kumaşlara boyutsal stabilize kazandırmak için ya da bitim işlem kimyasalını kumaşa fikse etmek için uygulanabilmektedir.) işlem adımları sonrasında genellikle boyalı kumaşların haslık değerleri boyarmaddelerin termal migrasyonu (lif içine nüfuz etmiş bazı boyarmaddelerin lifi terkederek lifin yüzeyine çıkması ve sonraki uygulanan haslık işlemlerinde multilif refakat bezini ya da pamuklu test kumaşını kirletmesine yani sonuç olarak renk haslığı değerlerinin düşmesine yol açmaktadır.) nedeniyle düşmektedir. Yani, bu ısı işlemler sırasında boyalı liflerin içine difüze olarak dağılmış boya molekülleri liflerin iç kısmından lif yüzeyine doğru göç etmektedir. Hem boya molekülünün hem de polimer zincirlerinin yüksek sıcaklıklarda artan termal hareketi ile boya ve lif arasındaki etkileşimin kırılması sonucu boyanın difüzyonu, ısı (termal) göç olarak bilinmektedir. Bu ısı göç sırasında boyarmadde bir miktar da atmosfere süblime olabilmektedir. Araştırmacılar tarafından bu süreç 'termomigrasyon' (ısı göç) olarak ifade edilmektedir (Avinc ve diğ. 2009, Avinc ve Khoddami 2010, Imada ve diğ. 1997, Kim ve diğ. 2004).

Termal yüzey derecesi ve lif yüzeyindeki boya miktarı sentetik (PET) liflerin yaş haslık özelliklerini belirlemede önemli bir faktördür. Yağlayıcılar ve yumuşatıcılar boyanmış kumaşın yıkama dayanıklılığını azaltarak, ısı geçişini arttırabilmektedir. Kumaşın yüzeyindeki kimyasallar bir çözücü gibi davranarak lif içerisinden lif yüzeyine doğru daha fazla boya çekmektedir (Avinc ve diğ. 2009, Imada ve diğ. 1997). Bunların yanı sıra boyanmış poliester substuratin uzun süre depolanması da boyanın göçüne neden olmaktadır. Buna da depolama göçü adı verilmektedir (Avinc ve diğ. 2009, Imada ve diğ. 1997). Dispers boyanmış sentetik

kumaşların yüzeyindeki termal olarak dağılmış ve ya uzun süre depolamadan dolayı lif yüzeyine hareket eden dispers boya, sonraki yıkamalarda çıkabilmekte ve hatta ticari olarak kullanımda yıkama sırasında kirletmelere neden olabilmektedir. Özellikle naylonu daha fazla lekeleyebilmektedir. (Avinc ve diğ. 2009)

Termal migrasyonu etkileyen faktörlerin lif kalınlığı, dispers boyanın kimyasal yapısı, lifte emilen boya miktarı ve ısı işlem koşulları olduğu bilinmektedir. Termal migrasyonun istenmeyen etkisini azaltmak için başlıca iki yöntem uygulanmaktadır. Bunlardan biri yıkama çözeltisindeki boyaların diğer liflere karşı lekelenme kabiliyetini azaltmaktır. Her ne kadar ısı dereceli boyalar yıkama çözeltisinde çözülsün veya dağılmış olsa da, boyalar kolayca hidrolize edilir ve renksiz bileşiklere dönüştürülürse, diğer liflerin boyanması problemine neden olmazlar. Bu tip boyalara zayıf alkalın sulu çözeltide kolayca hidrolize olan benzodifuranon dispers boyaları örnek verilmektedir. (Kim ve diğ. 2004).

Termal migrasyonun istenmeyen etkisini azaltmada ki ikinci bilinen yöntem lif ile boya arasındaki etkileşimi arttırmaktır. Bilindiği üzere poliester liflerinin boyalarla kovalent bağ oluşturmak için herhangi bir fonksiyonel grubu ve boyalarla elektrostatik olarak etkileşime girecek iyonik grubu bulunmamaktadır. Bu nedenle, hacimli ikame edicilerin veya polar grupların sokulmasının, van der Waals kuvveti veya hidrojen bağı yoluyla lif-boya etkileşimini arttıran yararlı bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Dispers boyanın boyutu büyüdükçe, yıkama haslığının arttığı iyi bilinmektedir. Bu yüzden moleküler boyutu arttırarak düşük derecede termal migrasyona sahip dispers boyaların geliştirilmesi mantıklı kabul edilebilmektedir. Bu durumda, beklenen zayıf noktalar, artan lif-boya etkileşimi, azalmış hareket kabiliyeti ve düşük boya alımı nedeniyle düz olmayan boyamalardır (Kim ve diğ. 2004).

Endüstriyel uygulamalarda PET için ısı ayarlama koşulları 180 °C'de 30 s olarak kullanılmaktadır (Avinc ve diğ. 2009).

Tekstil lifleri ve kumaşların boyanmasında daha çok renk haslığı, reaktif boyalarla boyanmış soluk kumaşların ışık haslığı, koyu renklerin yıkama ve yaş sürtme haslığı, kumaşlarda dispers boyaların ısı göç haslığı gibi problemler her zaman bulunmaktadır ve gerçekleştirilecek olan işlem sırasında bu problemlere

dikkat edilmelidir. Boyaların seçimi, bunlara ilişkin yardımcı maddelerin kullanımı ve geliştirilmesi ve ticari boyaların işlenmesi bu problemlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilmektedir (Rong-qi 2004).

Dispers boyaların termal göçü (ısıl göçü), boyanmış poliester kumaşın kurutma ısıl işleminde, renk değişiminin ve renk haslığının azalmasının ana nedeni olarak görülmektedir. Boyama sıcaklığının, kurutma süresinin ve sıcaklığının, boyaların ısıl süblimasyonunun, yüzey aktif maddelerin, terbiye ajanlarının ardından, boyama yönteminin yanı sıra, ısı ayarlarının boyaların termal göçü üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Boyama öncesi yüksek sıcaklık ön ayarının yapılması, düşük sıcaklıkta yumuşatma, kurutma ve ramda fiksajın yapılması, düşük sıcaklıkta ve yavaş hızda reçine kaplama yapılması, boyaların termal göçünün boyama kalitesi üzerindeki etkilerini en aza indirebileceği düşünülmektedir (Hao-ran 2003).

Imada Kunihiko ve diğ. (1997) çalışmalarında dispers boyarmaddelerin poliester mikrolifleri üzerindeki yaş haslıklarını incelenmişler. Termomigrasyon derecesinin haslıklar üzerinde etkili olduğu, termomigrasyon derecesinin minimum seviyelere düşürülmesi özellikle poliester liflerinin yaş haslıklarını iyileştirmede en önemli faktörlerden bir olarak görülmüştür.

Ozan Avinc ve diğ. 2009 yılında PLA kumaşlara uygulanan farklı apre (bitim ya da terbiye) koşullarının termal göç miktarı ve haslık özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Aynı zamanda aynı ısıl işlem koşullarında PLA kumaşını PET ile karşılaştırmışlar ve PET liflerine göre PLA'da daha fazla bir termal boya göçü olduğunu gözlemlemişlerdir. Dolayısıyla PLA liflerinin yaş haslıklarının PET liflerinden daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır.



## 5. PA 6.6 VE PET LİFLERİNİN KURUTMA VE ISIL FİKSAJ METODLARI

Kurutma, kumaşlara uygulanan farklı yaş terbiye işlemleri sonrası kumaşın işlem sırasında üzerine aldığı nemin ısı ile uzaklaştırılması işlemidir (Oğulata ve diğ. 1999). Tekstil ürünlerinin kurutulması tekstil terbiye fabrikalarındaki enerji yoğun birim işlemlerinden biridir. Tekstil terbiye işletmelerinde kullanılan ısı enerjisinin neredeyse yarısı kurutma işlemleri ile tüketilmektedir. Daha fazla enerji verimli bir sisteme sahip olmak için kurutma tekniklerini geliştirmek, enerji tüketiminde bir azalmaya yol açabilir. Kurutma teknikleri mekanik veya termal olarak sınıflandırılmaktadır. Mekanik işlemler genel olarak ısı enerjisiyle kurutulmadan önce mekanik olarak sürüklenen suyun mekanik kuvvetlerini gidermek için kullanılır (Cay ve diğ. 2007). Esas kurutma olarak da bilinen ısı enerjisi ile kurutma işlemi ise konveksiyon kurutma (taşınım), kontakt kurutma (iletim), radyasyon kurutma (ışınım) ve yüksek frekansla kurutma olarak farklı prensiplerde uygulanabilmektedir. Konveksiyon kurutma en yaygın olarak kullanılan kurutma tekniğidir ve en çok tercih edilen kurutma makineleri ise gergefli kurutma makinesi olarak bilinen ramözdür (Oğulata ve diğ. 1999, Cay ve diğ. 2007).

Termoplastik özellik gösteren sentetik liflere kontrolsüz bir şekilde ısı işlem uygulandığında lifler yumuşamakta, erimekte hatta lifin yapısı bozulmaktadır. Isıl işlem sırasında sentetik lifler, uygulanan ısı işlemin sıcaklığı, süresi ve gerilime bağlı olarak değişime uğrayabilmektedir (Oğulata ve diğ. 1999). Materyale uygulanan ısıl fiksaj (termofiksaj) işleminin amacı ise kumaşın boyutsal stabilitesinin sağlanması, büzülme değerlerinin iyileştirilmesi, örme kumaşlarda kenar kıvrımlarının oluşumunun engellenmesi ve uygulanacak terbiye işlemlerinde kırık oluşumunun önlenmesini sağlamaktır (Broadbent 2001, Oğulata ve diğ. 1999).

Liflere uygulanacak ısıl işlemlerin koşulları ve hangi adımda uygulanacağına karar vermeden önce materyalin göreceği tüm terbiye işlemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre liflere uygulanacak olan ısıl işlemler ön yıkama ve boyama adımından önce, ön yıkamadan sonra boyama adımından önce ya da ön yıkama ve boyama adımından sonra uygulanabilir. Ön yıkama ve boyama

işleminde önce gerçekleştirilen ısı işlemleri (termofiksaj) lifin fiziksel özellikleri ve boyanabilirliğini değiştirmektedir. Ön yıkamadan önce gerçekleştirilen ısı işlemleri özellikle sentetik lifler için materyal üzerindeki safsızlıkların uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu yöntem halat halinde yıkanacak kumaşlarda kırıkların oluşumunu azaltmak, örme kumaşlarda örme yapısı bozulabilen kumaşlar ve halat halinde yıkamada düşük sıcaklıklarda bile kırık oluşumu gösteren poliestere lifleri için uygulanabilmektedir (Donmaz 1991). Kumaş, kırıklık izleri oluşturma eğiliminde olmadıkça, boyamadan sonra da termofiksaj yapılabilir (Broadbent 2001).

Ön yıkamadan sonra boyamadan önce gerçekleştirilen ısı işlemleri (termofiksaj) sayesinde boyama sırasında gerçekleşen büzülme ortadan kaldırılabilir. Isıl işlem farkından kaynaklanan boyama hataları azalır. Kırık oluşumu önlenmektedir (Donmaz 1991).

Isıl işlemin son kademe yapıldığı işlemlerde boyama sırasında oluşan kırıklar giderilmekte ve kumaşın istenen boyutsal stabilitesi sağlanmaktadır. Literatürde 130 °C'de HT jet ve overflow boyamada oluşan kırıkları gidermek için en az 150 °C'de ısı işlem uygulanmaktadır (Donmaz 1991).

PET'ler PA liflerine göre daha az uzayabilir, düzensiz filamentler kuru veya yaş ısıya maruz kaldıklarında gevşemeyle büzülebilir. Bu, işlem sırasında filamentlerde oluşan gerilmelerin gevşemesinin bir sonucudur. Bu durum kumaşlarda eşit olmayan boyutsal değişikliklere neden olabilmektedir. PET lifleri için ayar sıcaklığı 220 °C'ye kadar çıkabilir. Boyama sonrası ısı ayarı genellikle düşük ayar sıcaklıklarını içerir ve iyonik olmayan dispers boyaların lif yüzeyinden buharlaşmadığından emin olmak için boya seçiminde özen gösterilmesi önerilmektedir (Broadbent 2001).

PET için termofiksaj ısı ayarı buharda 140 °C'de ya da kuru havada 190-200 °C'de çeşitli sürelerde işlem gerçekleştirilebilmektedir (Phillips ve diğ. 2003). Güvenli ve etkili en ideal ısı işlem şartı 180 °C'de 30 s olarak belirtilmektedir (Phillips ve diğ. 2004<sup>a,b</sup>).

PA 6.6 liflerin termofiksaj ısı ayarı, kuru koşullar altında sıcak havada 205 °C'de gerçekleştirilebilmektedir. Alternatif olarak, buhar ayarında 135 °C'de

uygulanabilmektedir. Bu, üretim sırasında ortaya çıkan filamentler veya liflerdeki herhangi bir türün elaksasyonuna izin vermekte ve malzemenin buruşma direncini ve boyutsal stabilitesini geliştirmekte, su içinde, boyamada veya sıcak havada olduğu gibi ısıtıldığında büzülmesini önlemektedir. Ayrıca iplik büküm ve filament kıvrımını dengelemektedir. Poliamidin camlaşma sıcaklığı değerleri için doğru veri elde etmek çok zordur. Özellikle, az miktarda suyun emilmesi, camlaşma sıcaklığı değerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak suyun emilmesi aynı zamanda çekme derecesine ve ısı ayarlama yöntemine ve dolayısıyla oryantasyon ve kristallik derecesine de bağlıdır. PA 6.6, PA 6'ya göre daha yüksek bir camlaşma sıcaklığına sahiptir. Aynı zamanda daha fazla kompakt bir içyapıya sahiptir. Bu da belirli bir sıcaklıkta, PA 6'ya göre genellikle daha az serbest hacme sahip olduğunu göstermektedir. Boya emilim derecesinin daha yavaş olduğu anlamına gelmektedir (Broadbent 2001).

PET ve PA 6.6 için termofiksaj ısı ayarları 180-220 °C olarak gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur ama genel olarak termofiksaj sıcaklığı 180 °C'yi geçmemektedir (Hearle ve Morton 2008).

Bütün bu liflerin (PA 6.6, PET) termofiksaj sıcaklıklarının belirlenmesinde liflerin erime sıcaklıkları ve camlaşma sıcaklıkları da önem taşımaktadır. PA 6.6, ve PET liflerinin ait erime ve camlaşma sıcaklıkları ile ilgili literatürde yer alan farklı değerler bulunmaktadır.

PA 6.6 liflerinin erime noktası 265 °C (Yıldırım ve diğ. 2012<sup>a</sup>, Houck ve diğ. 2001, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>b</sup>, Doğan ve Gürsoy 2016, Hwo ve diğ. 1998), 250 °C (Broadbent 2001 ) 255 °C (Parvinzadeh ve diğ. 2009), 230-253 °C (Shen ve diğ.2009) 269 °C (Shen ve diğ.2009) olarak verilmektedir.

PA 6.6 liflerinin camlaşma noktası 50-90 °C (Shen ve diğ.2009, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>a</sup>, Houck ve diğ. 2001, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>b</sup>, Hwo ve diğ. 1998). 55 °C (Parvinzadeh ve diğ. 2009), 53 °C (Doğan ve Gürsoy 2016). 65-85 °C (Shen ve diğ.2009) olarak literatürde yer almaktadır.

PET liflerinin erime noktası 265 °C (Houck ve diğ. 2001, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>b</sup>, Hwo ve diğ. 1998) 260 °C (Yıldırım ve diğ. 2012<sup>a</sup>) 250-260 °C (Shen ve diğ.2009). 262 °C ( Zhang ve diğ. 2002) olarak literatürde yer almaktadır.

PET liflerinin camlaşma noktası 80 °C (Shen ve diğ.2009, Houck ve diğ. 2001, Yıldırım ve diğ. 2012<sup>b</sup>, Hwo ve diğ. 1998, Zhang ve diğ. 2002), 80-90 °C (Broadbent 2001). 70-80 °C (Yıldırım ve diğ. 2012<sup>a</sup>) olarak belirtilmiştir.

Bütün bu veriler ışığında PA 6.6 ve PET liflerinin camlaşma sıcaklığı ve erime sıcaklıkları Tablo 5.1’de verilmektedir.

**Tablo 5.1:** PA 6.6 ve PET liflerinin camlaşma ve erime sıcaklıkları

	<b>PA 6.6</b>	<b>PET</b>
<b>Camlaşma Sıcaklığı (°C)</b>	50-90	70-90
<b>Erime Noktası (°C)</b>	230-265	250-265

## **5.1 Ramöz**

Gergefli kurutma makineleri olarak bilinen ramözler tekstil tebiye işlemlerinde en yaygın kullanılan konvektif kurutma makineLERİDİR. Ramözler yalnızca yıkama sonrası kumaştaki nem oranını gidermek için konvektif kurutma amacı ile değil aynı zamanda kumaş genişliklerinin kontrolü, kondenzasyon ve termofiksaj amacıyla da kullanılan çok yönlü bir makinedir (Çoban 1999, Cay ve diğ. 2007, Şekkeli ve Keçecioglu 2012).

Kumaş açık bir şekilde iki paralel sonsuz zincir ile makine boyunca taşınırken, basınçlı sıcak bir hava kumaşa kumaş boyunca püskürtülmektedir, böylece suyun buharlaşması meydana gelmektedir. Sıcak hava devir daim edilir ve aşırı nem birikmesini önlemek için egzoz fanları aracılığıyla belirli bir miktar hava sistemden sürekli olarak uzaklaştırılmaktadır. Bu kapsamda, sistem temiz hava ile desteklenmektedir (Cay ve diğ 207). Ramzöze giren kumaş ilk bölümde hızlı bir şekilde ısıtılmakta, orta bölümde sabit bir ısıda tutulmakta son bölümde ısı düşürülmektedir. Kumaş bu esnada ramöz içerisinde sadece kenarlarından tutturulmuş bir şekilde hava yastığı ile taşınmaktadır. Kurutma sağlanırken burada önemli olan mamulün higroskopik nemini kaybetmemesidir (Oğulata ve diğ. 1999).

Daha önce de belirtildiği gibi, tipik bir tekstil terbiye işletmesinde kullanılan enerjinin yaklaşık yarısı kurutma işlemidir, bu miktarın % 25'i ramöz (ram) kurutucular tarafından tüketilmektedir. Ramözler, hava ısıtma sistemleri bakımından sınıflandırılabilir (Cay ve diğ. 2007). Havanın ısıtılması dolaylı buhar, kızgın yağ ve doğrudan gaz yakıtlı sistemler ile yapılabilir. Buharla ısıtılan ramözler, düşük verimleri ve sıcaklık sınırlamaları nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahip değildir. En verimli ısıtmadan biri, doğrudan gaz ateşlemesi ile sağlanmaktadır. Ayrıca birkaç birim dolaylı gaz ateşlemeli tip vardır. Ancak bunların doğrudan ateşlemeli sistemlere kıyasla verimlilikleri düşüktür. Termal yağ ısıtmalı merkez tipleri küçük bir termal yağ kazanı gerektirir (genellikle gaz yakıtlı). Yağla ısıtılan köpüklerin verimliliği doğrudan gazla ısıtılan sistemlerden daha düşüktür. Bununla birlikte, geniş bir sıcaklık aralığında kullanılabilmesi avantajına sahiptirler (Cay ve diğ. 2007). Literatürde ramöz kurutma makineleri ile ilgili araştırmalar genellikle enerji ekserjik analizlerini ortaya koyma üzerine ve performanlarını değerlendirme ve iyileştirme stratejileri üzerinedir.

Mozeset ve diğ.(1998) tekstil yıkama işleminin enerji analizini yapmışlardır. Konvansiyonel elektrikli ısıtma spiralinin kümülatif ekserji tüketimi açısından yetersiz olduğunu ve gaz veya bölgesel ısıtma sistemine dayalı bir sistemin kullanılması önerilmiştir.

Oktay ve diğ. (2003) yün kurutma için bir ısı pompası destekli mekanik kurutucunun performans değerlendirmesini incelemiştir. Haghi (2003) halıların kurutma davranışını tanımlamak için teorik bir yaklaşım geliştirmiştir. Kombine mikrodalga ve elektrikli kurutma kullanımının kuruma süresini ve kurutma hızını artırabileceği sonucuna varmıştır.

Şekkeli ve Keçecioglu (2012) enerji tüketimini optimize etmek için bir tekstil fabrikasında bir ram makinesinin çalışmasına atık ısı geri kazanım sistemi uygulamaktadır. Isı geri kazanımı, bir ısı eşanjörü vasıtasıyla ramöz makinesinden çıkan egzoz havasının yeniden kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, ısı geri kazanım prosesi, kızgın yağ kazanını yakmak için gerekli kömür miktarını azaltmakta ve bu sayede termal enerji tasarrufu sağladığı vurgulanmaktadır.

## 6. İNOVATİF VE SÜRDÜRÜLEBİLİR APLİKASYON TEKNİKLERİ

Bu bölümde mikrodalga enerjisi, liyofilizasyon ve ultraviyole teknolojisi gibi inovatif ve sürdürülebilir teknikler hakkında bilgi verilecektir.

### 6.1 Mikrodalga Enerjisi

Mikrodalgalar yüksek frekanslı ve kısa dalgaboylu elektromanyetik alanlardır. Elektrik ve manyetik alandan oluşmaktadır ve dalga boyu aralığı 1 mm ile 1 m arasında değişmektedir (Gümüşderelioğlu ve Kaynak 2012). Mikrodalgalar yansıtma, soğurma ve geçirgenlik olmak üzere üç şekilde maddeler ile etkileşime girmektedir (Gümüşderelioğlu ve Kaynak 2012). Mikrodalga kurutma işleminde yüksek frekanslı güç kaynakları kullanılmaktadır (900-5000 Mhz) (Güngör ve Özbalta 1997). Mikrodalga kurutma amaçlı gıda, biyomedikal, kimya ve tekstil alanlarında kullanılmaktadır. Tekstil sektöründe sadece kurutma amaçlı değil aynı zamanda mikrodalga boyama da, baskılı kumaşların fiksajında, yüzey modifikasyon işlemlerinde de kullanımı mevcuttur (Özerdem ve diğ. 2008).

Son zamanlarda kullanılan alternatif kurutma sistemlerinden biri olan mikrodalgalı kurutucular genellikle hava üfleme kurutucular için önemli bir enerji kaynağıdır. Ayrıca mikrodalga kurutucuların vakum kurutucularla kombine edilerek kullanılmaları da ürün kalitesi ile enerji verimliliğini arttırmaktadır. Mikrodalga ısıtmanın temel prensibi, materyaldeki polar molekülleri etkileyerek elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüşümünü sağlamaktır (Vadivambal ve Jayas 2007, Erbay ve Küçüköner 2008). Genel olarak mikrodalga enerjisini soğuran bir maddenin molekülleri iletimi gerçekleştiren kondensatör levhaların + ve - yüklerinin yüksek frekanstan dolayı devamlı değişkenlik göstermesi nedeniyle yüke (+,-) göre bir yerleşme gösterememektedir. + ve - yükün yer değiştirmesiyle madde moleküllerinin yer değiştirmesi yani saniyede 2,5-3 milyar kez titreşmesi kinetik enerji oluşturmada ve ısınma sağlanmaktadır (Gümüşderelioğlu ve Kaynak 2012, Özerdem ve diğ. 2008).

Geleneksel kumaş işleme yöntemlerinde büyük miktarda enerji tüketilmektedir. Geleneksel ısıtma tekniğine alternatif olarak mikrodalga ısıtmanın daha hızlı, düzgün ve verimli olduğu kanıtlanmıştır. Mikrodalga enerjisi içerideki partiküle kolayca nüfuz edebilmekte ve tüm partiküller aynı anda ısıtılabilir. Böylece ısı transfer problemleri azalmaktadır (Xue 2018). Mikrodalga içeren kurutma işlemi hızlı işlem, enerji verimliliği, maliyet ve kurutulmuş üründe yüksek kalite gibi bazı avantajlar sağlamaktadır (Vadivambal ve Jayas 2007, Erbay ve Küçüköner 2008).

Mikrodalga ışınlanması, zambak çözme çözeltisi ile ham ipek kumaşın gamının giderilmesi gibi birçok alanda özel bir yöntem olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. İpek kumaşından gamın uzaklaştırılması işleminde; sabun, sodyum silikat ve sodyum karbonat ve bunu mikrodalga ısıtma ve sıcak su ile durulama takip etmektedir. Mikrodalga ışınması ile pad ile boyama, genellikle yaygın pad-parti boyama yöntemine kıyasla daha kısa periyotlarda daha iyi renk verimi sağlamaktadır (Xu ve Yang 2002).

Pendergrass ve diğ. (1972) kurutma için mikrodalga ısıtmanın kullanılması, tekstil ve diğer lifli malzemelerde boya ve apre biriktirme homojenliğini arttırabildiğini test etmişlerdir. Boyarmaddelerin tekstil kumaş lifleri içindeki göçü ölçülmüş ve farklı oranlarda mikrodalga ve geleneksel yüzey ısıtma kullanılarak kurutulmuş numuneler için karşılaştırılmıştır. Mikrodalga ısıtma, geleneksel yüzey ısıtma ile karşılaştırıldığında, boyaların ve cilaların homojen bir şekilde birikmesini sağladığı sonucuna varılmıştır.

Özerdem ve diğ. (2008) gerçekleştirdikleri çalışmada reaktif baskılı kumaşların fiksajında mikrodalga enerjisi kullanmışlardır. Küçük ve orta molekülü boyarmaddeler ile gerçekleştirilen baskı işlemlerinden sonra herhangi bir kurutma işlemi olmaksızın 1000w gücünde mikrodalga enerjisi ile gerçekleştirdikleri fiksaj işleminin klasik yöntemler ile gerçekleştirilen fiksaj işlemlerinden daha yüksek renk verimliliği sağladığı sonucuna varmışlardır. Çalışma sonucunda mikrodalga enerjisinin baskı işlemlerinde alternatif bir fiksaj metodu sunduğu vurgulanmıştır.

Delaney ve diğ. (1972) yünün boyanmasında sonra boyarmaddenin liflere sabitlenmesi işleminde mikrodalga enerjisinden faydalanmışlardır. Yüne uygulanan

bazı reaktif boyaların, boyama sonrası 30-60 s süresince uygulanan mikrodalga enerjisi ile yüne fikse olduğunu kanıtlamıştır.

Kim ve diğ. (2003) poliester kumaşın mikrodalga ısı ile boyanması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında poliester kumaşlar 10 dk boyunca sulu üre çözeltisi ve sulu sodyum klorür çözeltisi içinde emdirilmiş ve daha sonra optimum koşullar altında mikrodalga cihazı (450 MHz, 700 W) ile boyanmışlardır. Boyama da Sulu üre ve sodyum klorür çözeltileri kullanmışlardır. Flotteye eklenen çözücü türü ve konsantrasyonu, boyalı poliester kumaşın K/S değerlerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. N-heksan, aseton ve dimetil formamid gibi ilave çözücülerin de mikrodalga ısı ile boyamada etkili olduğuna değinmişlerdir. Kullanılan çözücülerin poliester kumaşların boyama özelliği üzerindeki etkisinin, çözücü ve poliester kumaş arasındaki çözünürlük parametresi farkına bağlı olduğu varsayılmaktadır.

Öner ve diğ. (2013) dispers boyalarla poli(bütilen teraftalat) (PBT) kumaşların mikrodalga destekli boyanması üzerine gerçekleştirdiği çalışmada, 700 W çıkış gücü, 2450 MHz'de çalışan mikrodalga fırında 98 °C'de mikrodalga dielektrik ısıtmalı olarak PBT liflerinin boyamasını gerçekleştirmiştir. Boyanmış kumaşların renk özellikleri, renk haslıkları ve gerilme özellikleri araştırılmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Mikrodalga dielektrik ısıtma, boyalı malzemelerin özelliklerinde herhangi bir bozulma olmadan geleneksel ısıtmaya göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. Mikrodalga ısıyla boyama, boyanın tükenmesini ve sabitlemesini arttırmakta ve boya banyosunun kısa ısıtma sürelerinde boyamada iyi renk haslıkları ve tekrarlanabilirlik elde edilmektedir.

Xu ve diğ. (2002) Poliester kumaşı, mikrodalga ışıması altında sulu sodyum hidroksit kullanılarak hidrolize etmişler, artan mikrodalga yoğunluğu ve artan sodyum hidroksit konsantrasyonları ile ağırlık kaybı ve kalınlık azalması seviyelerini gözlemlemişlerdir. Mikrodalga ışınlama yönteminden ve geleneksel ısıtma yönteminden elde edilen sonuçları karşılaştırmışlar ve mikrodalga ışınlaması kullanılarak hidroliz oranının daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. İşlemden geçirilen kumaşları daha sonra mikrodalga ışıması kullanılarak boyamışlar ve hidrolize edilmiş poliester kumaşın artan ağırlık kaybı ile birlikte boya alımı seviyelerinin de arttığını gözlemlemişlerdir.



## 6.2 Liyofilizasyon (Dondurarak Kurutma)

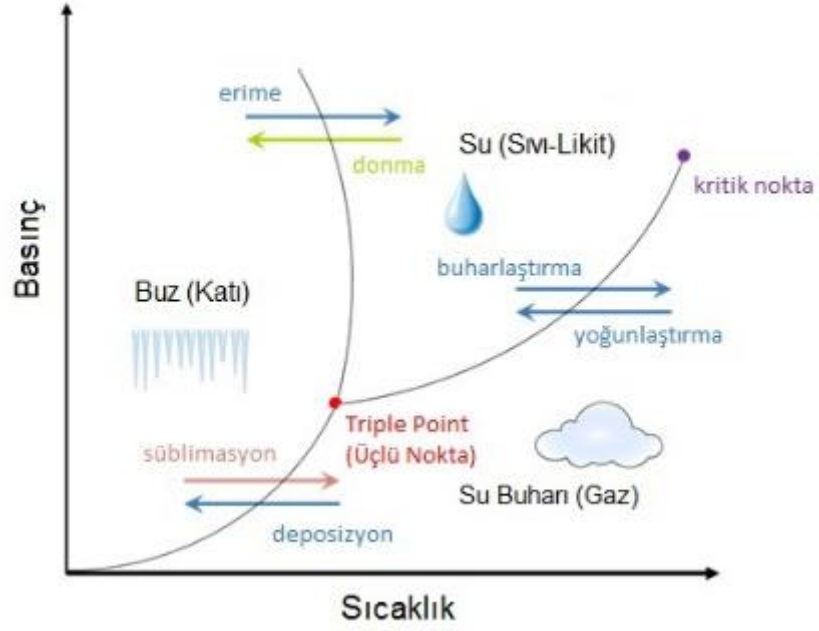
Dondurarak kurutma işleminin temel prensibi kurutulacak olan malzemenin üzerinde bulunan suyun önce dondurulması ve sonra süblimleştirilmesiyle dehidrasyonuna dayanmaktadır. Süblimasyon maddenin katı (buz) halden ısıtılarak gaz (su buharı) haline geçmesi olarak tanımlanmaktadır. Yani maddenin ara hal olarak bilinen sıvı hali atlayarak doğrudan gaz halini alması anlamına gelmektedir. Süblimasyon endotermik faz değişimi olarak bilinmektedir. Dehidrasyon ise basit moleküllerin birleşirken su açığa çıkardığı kimyasal bir olaydır. Basitçe su kaybı da denilmektedir (Erbay ve Küçüköner 2008, Telis ve Sobral 2002, Ratti 2001, Url\_1). İşlem sırasında buz haline gelmiş su, düşük basınç altında ve düşük sıcaklıkta doğrudan buharlaşmaktadır. Bu yöntem, ısı kullanarak suyu buharlaştıran çoğu geleneksel yöntemden farklıdır. İşlem sırasında kullanılan düşük sıcaklık nedeniyle yüksek kaliteli ürünler ortaya çıkmaktadır. Liyofilizasyon işlemindeki en temel parametre ise ısı ve basınçtır. Su donma noktası (0 °C) ile kaynama noktası (100 °C) arasında ve 1 atm basınçta sıvı hale geçmektedir. Fakat ısıyı 0 °C'nin üzerine çıkarırken atmosfer basıncını 0,06 altında tutulursa, su, erimek için yeterli ılıkılıkta fakat sıvı hale geçmek için yeterli basınç olmadığından gaz formuna geçmektedir. Yani liyofilizasyon işleminin temel prensibi de bu şekilde çalışmaktadır (Url\_1).

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) işlemi dondurma adımı, birincil kurutma adımı ve ikincil kurutma adımı olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Liyofilizasyon işleminin ilk adımı dondurma adımıdır. Bu adımda sıvı süspansiyon soğutulmakta ve saf su buz kristalleri oluşmaktadır (Abdelwahed ve diğ. 2006, Url\_1). Dondurma kavramı basit bir kavram olmasına rağmen liyofilizasyon işleminde oldukça karmaşıktır. Ayrıca liyofilizasyon işleminin doğru şekilde gerçekleştirilmesi için en önemli adım dondurma adımıdır. Çünkü dondurma adımı liyofilizasyon döngüsünün süresini, ürün stabilitesini ve uygun kristalisasyonu etkileyebilmektedir. Dondurma işlemi devam ettikçe sıvıda bulunan su gittikçe daha fazla donmaktadır. Bu, kalan sıvının konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Sıvı süspansiyon daha konsantre hale geldikçe, viskozitesi, daha fazla kristalleşmenin inhibe edilmesine neden olarak artmaktadır. Bu yüksek konsantrasyonlu sıvı katılaştır, şekilsiz kristalli veya birleşik şekilsiz kristalli bir faz oluşmaktadır (Abdelwahed ve diğ. 2006, Karagül ve Altuntaş 2018).

Birincil kurutma adımı liyofilizasyon işleminin en uzun süren adımıdır. Bu adımda cihaz içerisindeki basınç vakum pompası yardımı ile düşürülmektedir ve donma adımıyla oluşan buz kristallerinin süblime olması için bir miktar ısı verilmektedir. Bu işlemde düşük raf sıcaklığı ve orta derece vakum kullanılmaktadır. Buradaki vakum süblimasyonu hızlandırmaktadır. Basınç ise vakum ile kontrol edilmektedir. Ayrıca soğuk kondensatör plakaları su buharının yeniden sıvılaştırılması ve katılaştırılması için bir yüzey sağlamaktadır. Bu adımda malzemedeki suyun yaklaşık % 95'i süblime edilmektedir (Karagül ve Altuntaş 2018, Url\_1, Url\_4).

İkincil kurutma adımıyla ise donma sırasında buz olarak ayrılmayan ve süblime olmayan, ürün üzerinde kalan bağlı suyun üründen uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Abdelwahed ve diğ. 2006, Pikal ve diğ. 1990, Url-1). Bu adımda ki amaç ürünün nem içeriğini biyolojik aktivitelerin ve kimyasal reaksiyonların gerçekleşmeyeceği seviyelere düşürmektir. Bu işlemde birincil kurutmanın aksine raf sıcaklığı yavaş yavaş yükseltilmektedir. Desorbsiyonu teşvik etmek amacıyla de hazne basıncı düşürülmektedir (Abdelwahed ve diğ. 2006, Karagül ve Altuntaş 2018, Url\_1) .

Liyofilizasyon işleminde basınç ve sıcaklık değeri üçlü nokta değerinden daha düşük olmalıdır. Süblimasyonun gerçekleşmesi için gerekli olan enerji sıcaklık ve buhar basıncı farkı ile sağlanmaktadır (Şekil 6.1 ) (Malyer 2018).



Şekil 6.1: Liyofilizasyon (dondurarak kurutma) işleminde basınç ve sıcaklık grafiği (Malyer 2018)

Liyofilizasyon yöntemi 1900 'lü yıllardan bu yana geliştirilmektedir. O yıllarda ecza ve biyomedikal alanında kullanılan liyofilizasyon işlemi, kan plazması ve penisilinin kimyasal olarak stabil ve soğutma olmadan uygulanabilir hale getirilmesini sağlayan ticari bir teknik olarak geliştirilmiştir. Gıda alanındaki ilk uygulamaları ise Brezilya'nın fazla kahve stokuna çözüm bulması ile hazır kahveye uygulanmıştır (Meryman 1976). Günümüzde halen biyoloji, ecza, biyomedikal ve gıda sektörlerinde, virüsler, aşılarda proteinler peptidler veya kolloidal taşıyıcılar, lipozomlar nanopartiküller, nanoemülsiyonlar dahil olmak üzere çeşitli farmasötik ürünlerin stabilitesinin korunulması ve geliştirilmesi için yaygın olarak kullanılan liyofilizasyon yönteminin tekstil uygulamalarındaki kullanımı oldukça sınırlıdır (Meryman 1976, Abdelwahed ve diğ. 2006, Url\_4).

Bu anlamda dondurarak kuruma işlemi tekstil materyallerinin korunması ve saklanması amaçla kullanılmaktadır. Literatürde arkeolojik deri ve tekstil malzemelerinin korunması için dondurarak kurutma metodu kullanılan çalışmalar mevcuttur. Dondurarak kurutma metodu ile deriyi doğal yumuşaklığından ve esnekliğinden ödün vermeden stabilize etmek ve sağlamlaştırmak ve bu nitelikleri metalik tuzlarla kaplanmış deriye geri kazandırmak amaçlanır. Yani arkeolojik deri ürünlerinin korunması sağlanmaktadır. İşlemden önce emdirilen deri -18 °C'de dondurulmuş ve liyofilizatöre aktarılmıştır. Kurutma iki- dört hafta arasında

sağlanmıştır. Kurutma işlemi sırasında liyofilizatörün yoğuşma bölgesinde biriken su miktarı ile izlenmektedir (Morris ve Seifert 1978).

Peacock (1999) çoklu dondurma-çözülme işleminin doğal lifli kumaşlar üzerindeki etkisi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada pamuk, keten, ipek ve yün kumaşları müze nesnelerinde böcek istilasının ortadan kaldırılması için önerilen tedaviyi simüle etmek için 64 döngüye kadar tekrarlanan donma-çözülme döngüsüne maruz bırakmıştır. Bu yöntem, eserlerin  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 48 sa boyunca maruz kalmasını, 8 sa boyunca yavaşça çözülmesini ve ardından hemen 48 sa boyunca yeniden dondurulması şeklinde devam etmektedir. Bu yöntem, 32 ardışık işlem olarak pamuk, keten, ipek ve yün kumaşlara uygulanmıştır. Ortam bağıl nemi ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve % 65 Bağıl Nem) önceden şartlandırılmış ıslak kumaşlar  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye maruz bırakılmıştır. Kuru kumaşlar için iplik kopma mukavemeti veya uzamasında, keten hariç, pek fazla değişiklik kaydedilmemiştir. Bu sonuçlar, haşere kontrolü için çoklu donma-çözülme döngüsünün, en yaygın doğal lifli tekstil takımlarının fiziksel özelliklerine zarar vermediğini göstermektedir.

Song ve diğ. (2016) pratik mikrodalga emilim uygulamaları için güçlü ve termostabil polimerik grafen/silika tekstil kompozitleri üretmek için farklı bir yöntem denemişlerdir. Homojen bir konfigürasyon elde etmek için, dondurarak kurutma yöntemiyle birleştirilmiş bir silika tekstil, polimerik kompozitlerin oluşumunda kritik faktör olarak kullanmış ve düşürülmüş grafen oksidin (RGO) üç boyutlu iletken çerçeveler oluşturmasını sağlamıştır. Silika tekstillerin ve termoset polimerlerin bir arada bulunması ile birlikte, bu tür entegre bi-matrisler, kompozitlere mekanik özelliklerde ve termal kararlılıkta önemli katkı sunmaktadır. İmal edilen hafif kompozitler 36 dB'de bir mikrodalga ile işlem gördüğünde 40 MPa'lık güçlü gerilme mukavemeti ve  $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin ötesinde yüksek termal stabilite sunmaktadır.

Kurutma sırasında yüksek sıcaklıkların rengi bozmada büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden bu tez çalışmasında tekstil materyalinin kurutma adımında liyofilizasyon tekniği uygulanmaktadır.

### 6.3 Ultraviyole (UV) Teknolojisi

Ultraviyole ışınları, görünür ışınlar ve X-ışınları arasındaki elektromanyetik ışınım olarak bilinmektedir. Mor ötesi anlamına gelen ultraviyole, ilk olarak Alman fizikçi Johann Wilhelm Ritter tarafından keşfedilmiştir. Ritter tarafından kimyasal ışınlar olarak ifade edilmiş zamanla ultraviyole olarak adlandırılmıştır (Glaze ve diğ. 1987). UV ışınları X ışınlarından daha uzun dalga boylarına ve görünür ışınlardan daha kısa dalga boylarına sahiptirler (Attwood 2017, Ur1\_7). Dalgaboyları 10 ile 400 nanometre (nm) arasında değişmektedir. 789 THz'den daha yüksek frekanslardan oluşmaktadır ve tek bir ışık kümesi 3,26 eV enerjiye sahiptir (Diffey 2002).

Ultraviyole yaydığı enerjiye göre UV-A, UV-B, UV-C ve vakum UV olarak sınıflandırılmaktadır (Perincek ve diğ. 2007, Karahan ve diğ. 2007, Saravanan 2007, Mutlu ve diğ. 2003, Perkins 2000, Reinert 1997). UV-A terimi 320-400 nm'lik bir bölgeyi temsil etmektedir. Diğer UV ışınlarına kıyasla en yüksek dalga boyuna ve en az enerjiye sahiptirler. UV-B ışınlarının dalga boyları 280-320 nm arasındadır ve enerjisi UV bandının ortasındadır. Uzun dalgaboyu ışınlarına sahip UV-A ışınlarından daha güçlüdür. UV-C ışınları, ultraviyole bandında en kısa dalga boylarına ve en yüksek enerjiye sahip ışınlar olarak bilinmektedir. UV-C ışınlarının dalga boyu 200-280 nm arasında değişmektedir (Perincek ve diğ. 2007, Mutlu ve diğ. 2003). Bazı kaynaklar Vakum UV'yi UV-C olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle, bu kaynaklara göre, UV-C ışınlarının dalga boyları 100-280 nm arasında olarak verilmektedir (Karahan ve diğ. 2007, Madronich ve diğ. 1998). Vakum UV dalga boyu 100-200 nm arasındadır (Diffey 2002). Fizikçiler bu sınıflandırmayı yakın UV (320-380 nm), orta UV (200-320 nm) ve vakum UV (10-200 nm) olarak da yapmaktadırlar (Perincek ve diğ. 2007, Karahan ve diğ. 2007, Saravanan 2007).

Farklı alanlarda kullanım alanı bulmuş UV enerjisi özellikle boya, baskı gibi uygulamalarda boya alımını arttırmak için kullanılmaktadır (Perincek ve diğ. 2007). Kumaş yüzeyinin UV ışınları ile modifikasyonu sayesinde, daha fazla boyarmadde daha hızlı bir şekilde sabitlenmekte ve böylece daha koyu renkler elde edilmektedir. Baskı sürecinde hidrofobik liflerin ıslanabilirliğini arttırmakta ve özellikle örme kumaşlarda boncuklanma probleminin oluşmasını önlemektedir (Perincek ve diğ. 2007, Millington 1998). UV enerjisinin en yaygın kullanıldığı işlemlerden bir tanesi

de UV ile kürleme (kuruma-fiksaj) işlemleridir (Decker 1996, Decker 2001). Temel olarak UV kürleme (kurutma), çapraz bağlanmış bir polimer ağı üreten bir fotokimyasal reaksiyonu başlatmak için ultraviyole ışığın kullanıldığı işlemdir. Diğer teknolojilerle karşılaştırıldığında, UV enerjisiyle kürleme (kurutma) düşük sıcaklıkta, yüksek hızlı bir işlem olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda çözücü buharlaşma yerine doğrudan polimerizasyon yoluyla gerçekleştiği için çözücü içermeyen bir işlemdir (Decker 1996, Decker 2001). Genellikle baskı işlemlerinde kullanılan bu yöntem ile UV ile kürlenebilen mürekkeplerin kullanılması hızlı kuruma sağlamakta ve işlem hızını arttırmaktadır. Yüksek kaliteli parlak bir görüntü elde etmek için baskı verniğinin uygulanacağı son adımda da UV teknolojisinden faydalanılmaktadır. UV teknolojisinin farklı kombinasyon çalışmaları da literatürde mevcuttur (Decker 1996).

Seventekin (1983), UV lambası kullanarak poliester üzerine akrilik asit aşılama çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmasında benzofenol kullanmıştır. İşlem sonunda poliester liflerinin hidrofil hale geldiğini gözlemlemiş ve poliester liflerinin kir iticilik özelliklerinin yıkamaya karşı direncini değerlendirmiştir.

Kitosanın ultraviyole ışığı ile ışınlanması ile pamuk ve PET kumaşlar üzerine sabitlenmesini sağlayan bir çalışmada, UV ışınli kumaşlar üzerine sabitlenen kitosan miktarının, ışınlama yapılmayan kumaşlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Kitosanın büyük miktarlarda aldehitler ve karboksil grupları içeren kimyasal olarak oksitlenmiş pamuklu kumaşlar üzerine sabitlenmesinin karşılaştırılmasında, UV ışınli kumaşlar üzerinde oluşturulan kitosan ve karboksil grupları arasındaki elektrostatik etkileşimlerin fiksasyon reaksiyonuna dahil edilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Yıkamaya dayanacak kadar dayanıklı kitosan fiksasyonu elde etmişlerdir (Shin ve diğ. 1998).

Li ve diğ. (2004) çalışmalarında, kumaş pigmenti renklendirmesi için UV ile kürlenebilir bağlayıcıların kullanımını incelemişlerdir. Çalışmada pamuk, poliester/pamuk ve poliester kumaşlar kullanmışlardır. UV reçine türleri arasında alifatik üretan akrilatlar, poliester akrilatlar ve epoksi akrilatlar bulunmaktadır. Pigment ve UV reçinesini tekstillere pad, sprey ve serigrafi yöntemleri kullanılarak uygulanmışlardır. Birkaç reçine formülü ve çeşitli kürleme koşullarını uygulamışlar ve renk sonuçları UV ile kürlenen kumaşların sürtme haslığına ve sertliğine göre

değerlendirilmiştir. Yıkama haslığı ve ışığa dayanıklılık da incelenmişlerdir. Sonuçlar, seçilen UV reçineleri ve UV kürleme işlemleriyle yüksek renk haslığı sağlanabileceğini göstermiştir.

Eren (2018) gerçekleştirdiği bir çalışmada pamuğun ultraviyole ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile fotokatalitik ağartılmasını araştırmıştır. Çalışmasında 254 nm UV ışığı kullanmıştır. Ultraviyole ve hidrojen peroksit ile fotokatalitik ağartılmış pamuğu, geleneksel yöntemlerle ağartılmış pamuk ile karşılaştırmıştır. İşlem sonucunda ultraviyole ve hidrojen peroksit ile gerçekleştirilen işlemin özellikle 40 ve 60 dk işlem sürelerinde etkili bir beyazlık derecesi elde etmiştir. Ultraviyole ışınım yoğunluğunun beyazlık ve mukavemet değerleri üzerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Eren (2019) bir başka çalışmasında ise dispers boyalı poliester kumaşlara geleneksel indirgen yıkama yerine fotokatalitik etkinliğini incelemek için UV ışınması ile hidrojen peroksiti ( $H_2O_2$ ) beraber kullanmıştır. Fotokatalitik temizleme işlemini UV ışınması ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile gerçekleştirmiştir. İşlem sırasında farklı dispers boya ile boyanan poliester kumaşları farklı konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ile emdirmiş ve 254 nm UV ışığı altında en az 5 dk en fazla 30 dk olmak üzere farklı dakikalarda işlem gerçekleştirmiştir. İşlem sonrası kumaşların renk farkları ve yıkama haslıkları geleneksel indirgen yıkama işlemleri ile karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmede başarılı olduğunu gözlemlemiştir.

## 7. MATERYAL VE METOD

Bu tez kapsamında iki çalışma gerçekleştirilmiştir.

Birinci çalışmada, PA 6.6 liflerine uygulanan liyofilizasyon ve farklı kurutma yöntemlerinin haslıklara etkisi incelenecektir.

İkinci çalışmada, PET liflerine uygulanan Ultraviyole enerjisinin haslıklara etkisi incelenecektir.

### 7.1 Materyal

Birinci çalışmada, 78 dtex / 68 filament % 100 PA 6.6 ipliklerinden üretilmiş 128g/m<sup>2</sup> gramaja sahip pike örme kumaş kullanılmıştır. Kullanılan materyalin sıklığı bir lup yardımı ile ölçülmüştür. Sıklık değeri 38 olarak tespit edilmiştir.

İkinci çalışmada, 70 denye % 100 PET ipliklerinden üretilmiş 100 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip süprem örme kumaş kullanılmıştır. Kullanılan PET kumaşın çubuk sıklığı 17, sıra sıklığı 22 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmalara göre kullanılan materyaller Tablo 7.1'de verilmektedir.

**Tablo 7.1:** Gerçekleştirilen çalışmalara göre kullanılan materyaller

	<b>Kullanılan Materyal</b>	<b>İplik Numarası</b>	<b>Gramaj (g/m<sup>2</sup>)</b>
Birinci Çalışma	PA 6.6 - örme	78 dtex / 68 filament	128
İkinci Çalışma	PET - örme	70 denye	100



## 7.2 Kullanılan Kimyasallar

Birinci ve ikinci çalışmalarda kullanılan boyarmadde ve kimyasallar, üretici firmaları ile birlikte Tablo 7.2 'de verilmektedir.

**Tablo 7.2:** Üretici firmaları ile birlikte kullanılan boyarmadde ve kimyasallar

Kimyasal Adı	Üretici Firma Adı
C.I. Disperse Red 65 (Küçük) (157 Serilene Dark Red FL150)	Yorkshire Chemicals pic
C.I. Disperse Red 73 (Orta) (Dianix® Classic Rubine SE-FG)	DyStar Textilfarben GmbH & Co. Deutschland KG
C.I. Disperse Red 167.1 (Büyük) (Dianix® Rubine S-2G 150%)	DyStar Textilfarben GmbH & Co. Deutschland KG
C.I. Disperse Blue 148 (Dianix® Dark Blue SE-3RT)	DyStar Textilfarben GmbH & Co. Deutschland KG
Dispergator (Setamol BL)	BASF
Kieralon Wash Jet B Conc. (Noniyonik Yüzey Aktif Maddesi)	BASF
Sodyum Karbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Düzey Lab.
Ladiguest 2005 Lig (İyon Tutucu)	Clariant
Sodyum hidroksit (NaOH)	Kimetsan
Sodyum hidrosülfat (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	Genkim
Aseton	Etki
Asetik asit	Emboy
Sodyum Asetat	Merck
ECE B deterjan	SDC

### 7.3 Kullanılan Makineler

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen iki çalışmada da kullanılan bütün makineler kullanım alanına göre Tablo 7.3'te verilmektedir.

**Tablo 7.3:** Terbiye işlemlerinde kullanılan uygulama makineleri

<b>Terbiye İşlemleri Uygulama Makineleri</b>		
<b>Makine Adı</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Kullanım Alanı</b>
Ataç Lab Dye HT Boyama Makinesi	Ataç Makine	Dispers boyama ve redüktif yıkamaların gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır.
Fulard (PROWITE® )	PROWITE® PRO-SER Lab. Malz. Otom. San. Tic. Ltd. Şti.	Kumaşlara eşit şekilde saf suyun emdirilmesi işleminde kullanılmıştır.
Mikrodalga Fırın (Arçelik MD 595)	Arçelik A.Ş.	Mikrodalga enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen kurutma ve fiksaj işlemlerinde kullanılmıştır.
Ramöz	PROWITE® PRO-SER Lab. Malz. Otom. San. Tic. Ltd. Şti.	Konvansiyonel yöntem ile kurutma ve fiksaj işlemlerinde kullanılmıştır.
Liyafilizatör (Labconco-Freezone 6)	LABCONCO	Dondurarak kurutma sağlamak için kullanılmıştır.
Ultraviyole ışık kabini	-	UV ışınımı ile termal migrasyon etkilerini azaltma uygulamalarında kullanılmıştır.

**Tablo 7.4:** Gerçekleştirilen testlerde kullanılan makineler

<b>Test Makineleri</b>		
<b>Makine Adı</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Kullanım Alanı</b>
Renk Ölçüm Cihazı (Datacolor Spectral Flash 600)	Datacolor International, USA	Kumaşların renk ölçümlerinin yapılmasında ve değerlendirilmesinde kullanılmıştır.
Sürtme Haslığı Ölçüm Cihazı (Crockmaster Colour Fastness to Rubbing Tester- Model670 Hand Driven Crockmaster)	JAMES H. HEAL & CO LTD.	Kumaşların yaş ve kuru sürtme haslıklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılmıştır.
Yıkama haslığı makinesi (SDL Atlas M228 Rotawash)	SDL Atlas LTD.	Kumaşların önceden belirlenen standarda uygun şekilde yıkanması işleminde kullanılmıştır.
Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model: K024)	PROWITE® PRO-SER Lab. Malz. Otom. San. Tic. Ltd. Şti.	Kumaşların kuru ısı etkisine karşı gösterdiği direnç belirlemek için kullanılmıştır.

#### **7.4 Kumaşlara Uygulanan Terbiye İşlemleri**

Bu tez kapsamında iki farklı çalışma yapılmıştır. Gerçekleştirilen işlemlerin kolayca takip edilebilmesi için bu iki farklı çalışmada kullanılan kumaşlara uygulanan tüm terbiye işlemleri tek tek çalışma bazında verilecektir.

##### **7.4.1 Birinci Çalışmada Uygulanan Terbiye İşlemleri**

Birinci çalışmada PA 6.6 liflerine uygulanan liyofilizasyon ve farklı kurutma yöntemlerinin haslıklara etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmada 7.1 Materyal bölümünde bilgisi verilen % 100 PA 6.6 kumaşı kullanılmıştır.

## ***Ön Yıkama İşlemi***

PA 6.6 liflerinin üzerinde yağ ve kir gibi yabancı maddeler bulunmaktadır. Bu yabancı maddeler PA 6.6 liflerinin örülmesi, dokunması, üretilmesi ve depolanması esnasında oluşabilmektedir. Bu yüzden PA 6.6 liflerine uygulanacak herhangi bir apre ya da boyama işlemi öncesi yabancı maddelerin lif üzerinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem genellikle alkali bir ortamda anyonik ya da noniyonik yıkama maddeleri ile ön yıkama yapılarak gerçekleştirilmektedir.

Çalışmamızda PA 6.6 lifleri üzerindeki yabancı maddeler, boyama işlemi gerçekleştirilmeden önce, alkali bir ortamda noniyonik yıkama maddesi ile ön yıkama işlemi uygulanarak uzaklaştırılmıştır. Uygulanan ön yıkama reçetesi Tablo 7.5’de gösterilmektedir.

**Tablo 7.5:** PA 6.6 lifine uygulanan ön yıkama reçetesi

<b>PA 6.6 Lifine Uygulanan Ön Yıkama Reçetesi</b>	
Kieralon Jet B Konsantresi (BASF’ tan noniyonik yüzey aktif maddesi)	1 g/l
Sodyum karbonat	1 g/l
Ladiguest 2005 liq (İyon tutucu)	1 g/l
Sıcaklık	60 °C
Süre	15 dk
Flotte Oranı	1:40

Ön yıkama işleminden sonra kumaşlar 10 dk boyunca soğuk su ile durulanmıştır ve oda sıcaklığında kurutulmuştur.

## ***Boyama işlemi***

% 100 PA 6.6 lifinin boyama işleminde küçük moleküllü C.I. Disperse Red 65, orta moleküllü C.I. Disperse Red 73 ve büyük moleküllü C.I. Disperse Red 167.1 dispers boyarmaddeler kullanılmıştır. Her bir boyarmadde için boyama konsantrasyonu % 0,5 ve % 4 olmak üzere iki şekilde uygulanmıştır. Uygulanan boyama reçetesi Tablo 7.6’da verilmektedir.

**Tablo 7.6:** PA 6.6 lifine uygulanan boyama reçetesi

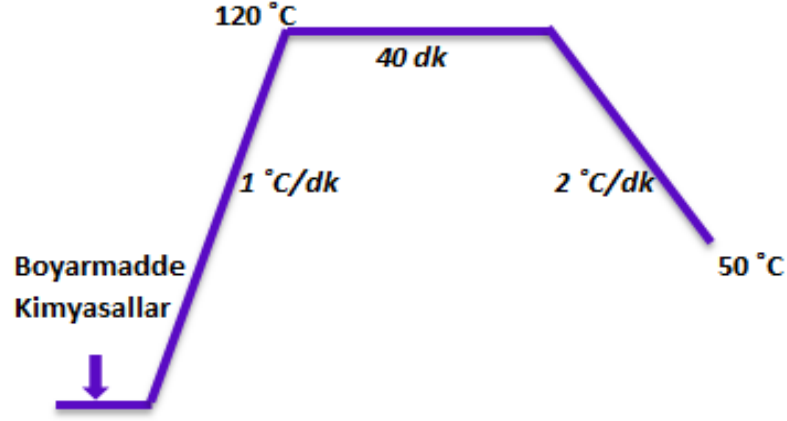
<b>PA 6.6 Lifine Uygulanan Boyama Reçetesi</b>	
Dispers Boyarmadde ( <i>C.I. Disperse Red 65, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 167:1</i> )	% 0,5 Boyarmadde % 4 Boyarmadde
Dispergator (SBL)	1 g/l
pH 6	Sodyum asetat / asetik asit
Su	Saf su
Flotte oranı	1:20

Konvansiyonel metotla gerçekleştirilen boyama işleminde laboratuvar tipi ATAÇ LAB DYE HT makinesi kullanılmıştır (Şekil 7.1).



**Şekil 7.1:** ATAÇ LAB DYE HT laboratuvar tipi boyama makinesi

PA 6.6 kumaşı için boyama işlemi esnasında sıcaklık 20 °C'den, 1 °C/dk hız ile 120 °C'ye yükseltilmiş ve 120 °C'de 40 dk işlem görerek boyama gerçekleştirilmiştir. Boyama adımı tamamlandıktan sonra banyosunun sıcaklığı 2 °C/dk hızla 50 °C'ye düşürülmüştür. Boyama işlemine ait grafik Şekil 7.2 'de verilmektedir.



Şekil 7.2: PA 6.6 lifine uygulanan boyama grafiği

Boyama koşulları, çalışılan liflere zarar vermeden mevcut en iyi boyama performansını elde etmek için literatür ve ticari ölçek uygulama bilgilerine göre seçilmiştir. Boyamadan sonra, tüm kumaşlar 5 dk ılık su ve 2 dk soğuk su ile durulanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur.

### *İndirgen (Redüktif) Yıkama İşlemi*

Boyamadan sonra PA 6.6 liflerinin yüzeyinde kalan, renk verimine katkısı olmayan boyarmaddeleri uzaklaştırmak ve renk haslıklarını iyileştirmek için redüktif yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. PA 6.6 liflerine uygulanan redüktif yıkama reçetesi Tablo 7.7'de verilmektedir.

Tablo 7.7: PA 6.6 liflerine uygulanan indirgen yıkama (redüktif yıkama) reçetesi

PA 6.6 Lifine Uygulanan İndirgen Yıkama Reçetesi	
Sodyum hidrosülfid	7 g/l
Sodyum karbonat	3 g/l
Sıcaklık	40 °C
Süre	15 dk
Flotte oranı	1:40

İşlem sonrası kumaşlar 5 dk ılık suda ve 5 dk soğuk suda durulanmış, oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

## *Kurutma ve Termofiksaj İşlemi*

### *Konvansiyonel (Ramöz) Yöntem ile Kurutma ve Termofiksaj İşleminde Uygulanan Prosedür*

Boyanmış PA 6.6 kumaşlarının ramözde kurutulma işlemi gerçekleştirilmeden önce deney kumaşının birebir aynısı ile (78 dtex/ 68 filament, % 100 PA 6.6, pike örme) ve deney kumaşı ile aynı ebatta, alınan flote oranı aynı olacak şekilde (% AF: % 100) bir ön deneme gerçekleştirilmiştir. Ön deneme sonuçlarına göre ramözde gerçekleştirilecek kurutma şartları 110 °C'de 120 s olarak belirlenmiştir.

Boyanmış PA 6.6 kumaşların konvansiyonel yöntem (Ramöz kurutma) ile kurutma işlemi 110 °C'de 120 s' de gerçekleştirilmiştir.

Termofiksaj işlemi PA 6.6 liflerinin erime noktası (265 °C) dikkate alınarak, literatürde gerçekleştirilen çalışmalar ışığında 180 °C'de 30 s olarak gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 7.3:** PROWITE® labaratuvar tipi ramöz

### ***Mikrodalga Yöntemi ile Kurutma ve Termofiksaj İşleminde Uygulanan Prosedür***

Mikrodalga yöntemi ile kurutma işlemi gerçekleştirmeden önce deney materyalinin birebir aynısı ile (% 100 PA 6.6 pike örme 78 dtex/ 68 filament iplikten üretilmiş kumaş) aynı ebatta ve Alman Flotte Oranı aynı olacak şekilde (% AF: % 100) 3 farklı güçte ön deneme işlemi gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 7.8:** PA 6.6 kumaşlarına uyulanacak mikrodalga ile kurutma ve termofiksaj işlem şartlarının belirlenmesi (ön deneme)

<b>Renk</b>	<b>Konsantrasyon %</b>	<b>Güç (W)</b>	<b>Süre</b>
<b>C.I Disperse Red 65</b>	0,5	540	295 s
<b>C.I Disperse Red 65</b>	4	540	295 s
<b>C.I Disperse Red 65</b>	0,5	720	240 s
<b>C.I Disperse Red 65</b>	4	720	240 s
<b>C.I Disperse Red 65</b>	0,5	900	205 s
<b>C.I Disperse Red 65</b>	4	900	205 s

Tablo7.8'deki ön deneme sonuçlarına göre, 540 W gücünde PA 6.6 kumaşı 295 s'de, 720 W gücünde 240 s'de ve 900 W gücünde 205 s'de etkin bir kurutma sağlanmıştır. Kullanılan mikrodalga cihazında 900 W'dan daha yüksek güç olmadığı için daha yüksek güçlerde deneme yapılamamıştır.

Ön deneme işlemine göre numunelerin higroskopik nemini kaybetmeden en kısa sürede kurutmayı 900 W mikrodalga gücünde sağladığı için birinci çalışmada kullanılan esas kumaşların kurutulması 900 W gücünde gerçekleştirilmiştir.

PA 6.6 kumaşlarının mikrodalga ile kurutma ve termofiksaj şartları ön deneme işleminde belirlenen güçte ve sürede gerçekleştirilmiştir.



**Tablo 7.9:** PA 6.6 kumaşlarına uygulanan mikrodalga ile kurutma ve termofiksaj şartları

Renk	Konsantrasyon %	Güç (W)	Süre
C.I Disperse Red 65	0,5	900	205 s
C.I Disperse Red 65	4	900	205 s
C.I Disperse Red 73	0,5	900	205 s
C.I Disperse Red 73	4	900	205 s
C.I Disperse Red 167:1	0,5	900	205 s
C.I Disperse Red 167:1	4	900	205 s

Mikrodalga enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen bu işlem Arçelik MD 595 model mikrodalga fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 7.4:** Arçelik MD 595 model mikrodalga fırın

### ***Liyofilizasyon (Dondurarak Kurutma) Yöntemi ile Kurutma ve Termofiksaj İşleminde Uygulanan Prosedür***

PA 6.6 kumaşları öncelikle -80 °C’ de dondurucuda 24 sa işlem görmüş daha sonra liyofilizasyon makinesine alınıp -50 °C’de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem süresi 3 sa olarak belirlenmiş ve 3 sa sonra çıkan kumaşın kuru olup olmadığı tartılarak kumaşın kuru ağırlığına göre karşılaştırılmalı kontrol edilmiştir. Bu işlem için kullanılan liyofilizatör cihazı Şekil 7.5’te gösterilmektedir.



Şekil 7.5: Liyafilizatör (Labconco- Freezone 6)

#### 7.4.2 İkinci Çalışmada Uygulanan Terbiye İşlemleri

Normal üretim sırasında PET liflerine uygulanan boyama ve indirgen yıkama sonrası uygulanabilen kurutma ve ısı ile fiksaj (Kurutma işlemi yaş kumaşların kurutulması için uygulanmaktadır ve ısı ile fiksaj işlemi ise poliester lifli kumaşlara boyutsal stabilite kazandırmak için ya da bitim işlem kimyasalını kumaşa fikse etmek için uygulanabilmektedir.) işlem adımları sonrasında genellikle boyalı kumaşların haslık değerleri boyarmaddelerin termal migrasyonu (lif içine nüfuz etmiş bazı boyarmaddelerin lifi terkederek lifin yüzeyine çıkması ve sonraki uygulanan haslık işlemlerinde multilif refakat bezini ya da pamuklu test kumaşını kirletmesine yani sonuç olarak renk haslığı değerlerinin düşmesine yol açmaktadır.) nedeniyle düşmektedir. İkinci çalışmada, indirgen yıkaması geleneksel yollarla yapılmış ve yine geleneksel şekilde ramözde kurutulmuş ve ramözde ısıl fiksaj uygulanan PET lifli kumaşlara Ultraviyole enerjisi uygulanarak bu işlemin renk haslıkları üzerine etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmada 7.1 Materyal bölümünde bilgisi verilen % 100 PET kumaşı kullanılmıştır.

## ***Ön Yıkama İşlemi***

PET liflerinin üzerinde bulunan yabancı maddeleri uzaklaştırmak için ön yıkama işlemi uygulanmıştır. Alkali bir ortamda anyonik ya da noniyonik yıkama maddeleri ile gerçekleştirilen bu işlemin reçetesi Tablo 7.10'da verilmektedir.

**Tablo 7.10:** PET lifine uygulanan ön yıkama reçetesi

<b>PET Lifine Uygulanan Ön Yıkama Reçetesi</b>	
Kieralon Jet B Konsantresi (BASF'tan noniyonik yüzey aktif maddesi)	1 g/l
Sodyum karbonat	1 g/l
Ladiguest 2005 lig (İyon tutucu)	1 g/l
Sıcaklık	60 °C
Süre	15 dk
Flotte oranı	1:40

Ön yıkama işleminden sonra kumaşlar 10 dk boyunca soğuk su ile durulanmıştır ve oda sıcaklığında kurutulmuştur.

## ***Boyama işlemi***

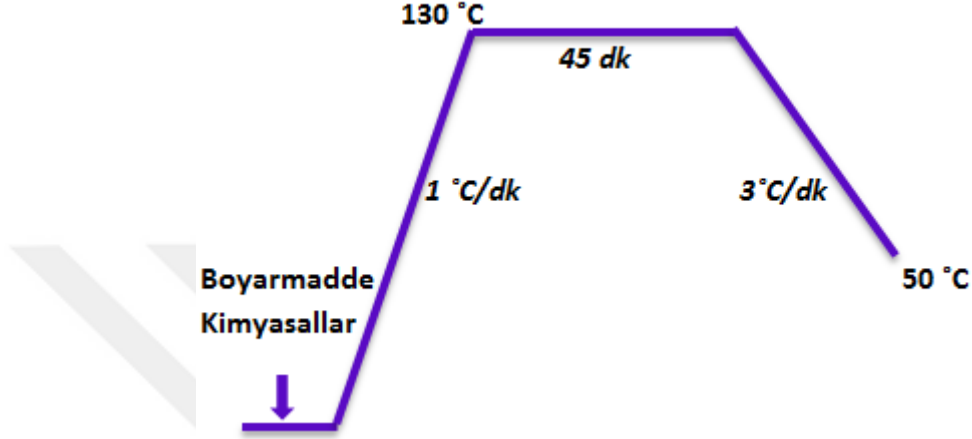
% 100 PET lifinin boyama işleminde orta moleküllü C.I. Disperse Blue 148 dispers boyarmaddesi kullanılmıştır. Gerçekleştirilen boyama işleminde boyama konsantrasyonu % 3 olarak seçilmiştir. PET lifine uygulanan boyama reçetesi Tablo 7.11'de verilmektedir.

**Tablo 7.11:** PET Lifine Uygulanan Boyama Reçetesi

<b>PET Lifine Uygulanan Boyama Reçetesi</b>	
Dispers Boyarmadde ( <i>C.I. Disperse Blue 148</i> )	% 3 Boyarmadde
Dispergator (SBL)	1 g/l
pH 5	Sodyum asetat / asetik asit
Su	Saf su
Flotte oranı	1:20

Konvansiyonel metotla, taşıyıcı madde ilave edilmeksizin, 130 °C'de ve ortam basıncında gerçekleştirilen boyama işleminde laboratuvar tipi ATAÇ LAB DYE HT makinesi kullanılmıştır (bkz. Şekil 7.1).

PET kumaşı için boyama işlemi esnasında sıcaklık 20 °C'den, 1 °C/dk hız ile 130 °C'ye yükseltilmiş ve 130 °C'de 45 dk işlem görerek boyama gerçekleştirilmiştir. Boyama adımı tamamlandıktan sonra boyama banyosunun sıcaklığı 3 °C/dk hızla 50 °C'ye düşürülmüştür. Boyama işlemine ait grafik Şekil 7.6'da verilmektedir.



Şekil 7.6: PET lifine uygulanan boyama grafiği

Boyama koşulları, çalışılan liflere zarar vermeden mevcut en iyi boyama performansını elde etmek için literatür ve ticari ölçek uygulama bilgilerine göre seçilmiştir. Boyamadan sonra, tüm kumaşlar 5 dk ılık su ve 2 dk soğuk su ile durulanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur.

### ***İndirgen (Redüktif) Yıkama İşlemi***

Boyamadan sonra PET liflerinin yüzeyinde büyük parçacıklar halinde biriken dispers boya molekülerini uzaklaştırmak ve renk haslıklarını iyileştirmek için indirgen (redüktif) yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. PET lifine uygulanan indirgen yıkama reçetesi Tablo 7.12'de verilmektedir.

**Tablo 7.12:** PET lifine uygulanan indirgen yıkama (redüktifyıkama) reçetesi

<b>PET Lifine Uygulanan İndirgen Yıkama Reçetesi</b>	
Sodyum hidrosülfıt	7 g/l
Sodyum hidroksıt	3 g/l
Sıcaklık	70 °C
Süre	15 dk
Flotte oranı	1:30

İndirgen yıkama sıcaklığı, liflerin içine nüfus eden sabitlenmiş boyarmaddeyi parçalayıp çıkarmamak için işlem gören lifin camlaşma sıcaklığından düşük olmalıdır. PET lifinin yıkama sıcaklığı belirlenirken camlaşma sıcaklığı (80-90 °C) dikkate alınmıştır. İşlem sonrası kumaşlar 5 dk ılık suda ve 5 dk soğuk suda durulanmış, oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

### ***Kurutma ve Termofiksaj İşlemi***

Boyanmış PET kumaşlarının ramözde kurutulma işlemi gerçekleştirilmeden önce deney kumaşının birebir aynısı ile (70 denye, % 100 PET) ve deney kumaşı ile aynı ebatta, alınan flotte oranı % 100 olacak şekilde (% AF: % 100) bir ön deneme gerçekleştirilmiştir. Ön deneme sonuçlarına göre ramözde gerçekleştirilecek kurutma şartları 110 °C'de 120 s olarak belirlenmiştir.

*C.I. Disperse Blue 148* ile % 3 boyama konsantrasyonunda boyanmış PET kumaşları konvansiyonel yöntem olarak bilinen ramöz kurutma yöntemi ile 110 °C'de 120 s'de kurutulmuştur.

PET kumaşlarının termofiksaj işlemi, literatürde gerçekleştirilen çalışmalar ve PET liflerinin erime noktası (250-265 °C) dikkate alınarak, 180 °C ısı ile 30 s'de gerçekleştirilmiştir. PET kumaşlarının hem kurutulması hemde termofiksajının sağlanmasında Prowite® marka labaratuvar tipi ramöz kullanılmıştır (bkz. Şekil 7.3).

## *Ultraviyole (UV) İşlemi*

Boyanmış ve konvansiyonel yöntemler ile kurutulmuş ve termofiksaj yapılmış PET kumaşları, literatürde gerçekleştirilen çalışmalardan yola çıkılarak belirlenen şartlarda, UV ışınımına mağruz bırakılmıştır. PET liflerine uygulanan UV işlemi ultraviyole ışık kabini içinde gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında, en kısa dalga boylarına (200-280 nm) ve en yüksek enerjiye sahip olduğu bilinen UV-C ışınları kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan UV-C ışığın dalga boyu 254 nm'dir. PET lifli süprem örme kumaşlara 1520 mW/cm<sup>2</sup> ışık enerjili UV-C ışınımı 2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa ve 24 sa gibi farklı süreler boyunca uygulanmıştır.

### **7.5 Yapılan Ölçümler ve Standartları**

Gerçekleştirilen terbiye işlemlerinden sonra birinci ve ikinci çalışmalarda numunelere uygulanan ölçümler ve kullanılan standartları Tablo 7.13'te verilmektedir.

**Tablo 7.13:** Uygulanan testler ve standartları

<b>Uygulanan Testin Adı</b>	<b>Kullanılan Standart</b>
Renk ölçümü	-
Sürtme Haslığı	ISO 105: X12
Yıkama Haslığı	ISO 105: C06 A1S
Süblimasyon Haslığı	EN ISO 105-X11

### ***Kumaşların Renk Ölçümleri***

Boyanmış, indirgen (redüktif) yıkama yapılmış ve farklı kurutma metodları uygulanmış kumaşlarının renk ölçümleri Datacolor 600 Model Spektrofotometre'de gerçekleştirilmiştir. Numunelerin remisyon (% R) değerlerinin ölçümleri D65 standart gün ışığı altında ve 10° standart gözlem açısıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler her bir numune için beş tekrarlı olacak şekilde, 4 kat olarak ve her iki yüzü de okutularak gerçekleştirilmiştir. 400-700 nm'lik spektral bölgede ve maksimum absorpsiyon (minimum remisyon) dalga boyunda ölçülen remisyon (% R) değerleri

ve eşitlik 7.1’de verilen Kubelka- Munk eşitliğinden faydalanılarak renk verimi (K/S) değerleri hesaplanmıştır.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2 * R \quad (7.1)$$

*R*: Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki ( $\lambda_{\max}$ ) reflektans

*K*: Absorpsiyon katsayısı

*S*: Yansıma katsayısı

Ayrıca numunelerin boyama eğrileri, reflektans spektraları kuvvetlerinin yanı sıra CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , ve  $C^*$ ,  $h^\circ$  değerleri tayin edilmiştir.

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinden referansa göre toplam renk farklılıkları 7.2 eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (7.2)$$

$L^*$ : Açıklık-koyuluk değeri (+ daha açık, - daha koyu)

$a^*$ : Kırmızılık-yeşillik değeri (+ daha kırmızı, - daha yeşil)

$b^*$ : Sarılık-mavilik değeri, (+ daha sarı, -daha mavi)

$C^*$ : Croma (Doygunluk),

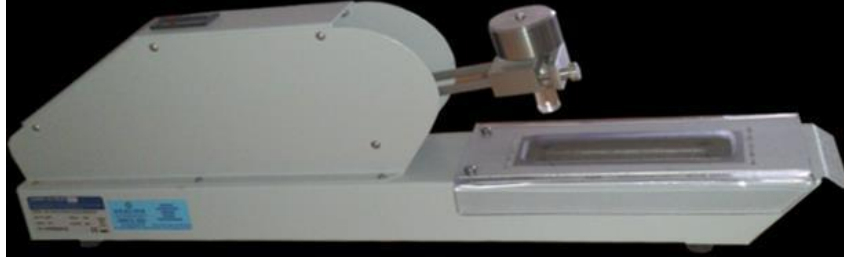
$h^\circ$ : Açığı (Renk tonu)



Şekil 7.7: Datacolor 600 Model spektrofotometre

### ***Kumaşların Sürtme Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi***

Kumaşların sürtme haslığı testleri Sürtme Haslığı Test Cihazı (Crockmaster) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.8). Kumaşların sürtme haslığı değerleri ISO 105: X12 standartlarına göre hem kuru hem yaş sürtme haslıkları test edilmiştir.



**Şekil 7.8:** Sürtme haslığı test cihazı (Crockmaster)

### ***Kumaşların Yıkama Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi***

Gerçekleştirilen çalışmalarda numunelerin yıkamaya karşı renk haslığı işlemleri ISO 105: C06 A1S standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Standartta göre yıkama haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilen numuneler 40 °C'de 30 dk boyunca 10 bilye ile 4 g/l'lik ECE B deterjan kullanılarak işleme tabi tutulmuştur. Yıkama haslığı tayini Şekil 7.9'da gösterilen SDL ATLAS M228 Rotawash yıkama makinesinde yapılmıştır. Test sonuçları gri skalaya göre değerlendirilmiştir.



**Şekil 7.9:** SDL Atlas M228 Rotawash



### ***Kumaşların Süblimasyon Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi***

Süblimasyon haslığı testi ISO 105: P01 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. PA 6.6 ve PET numuneleri kuru halde (numune ve refakat bezi kuru) 180 °C sıcaklıkta 30 s bekletilmiştir. Bunun nedeni PA 6.6, PET numunelerinin erime sıcaklığı 265 °C olmasıdır. Numunelerin süblimasyon haslıkları süblimasyon haslığı test cihazı kullanılarak test edilmiştir (şekil 7.10).



**şekil 7.10:** Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model: K024)

## 8. BULGULAR

### 8.1 Birinci Çalışma; PA 6.6 Liflerine Uygulanan Liyofilizasyon (Dondurarak Kurutma) ve Farklı Kurutma Yöntemleri Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen birinci çalışmada C.I. Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65 boyarmaddeleri ile hem % 0,5 hemde % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C'de 120 s, mikrodalga ile 900 W gücünde 205 s, liyofilizasyon yöntemi ile -50 °C'de 3 sa kurutma ve uygulanan farklı kurutma işlemleri sonrası ramöz makinesinde 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemi uygulanmış ve PA 6.6 liflerine uygulanan bu işlemlerin termal migrasyon ve haslıklar üzerindeki etkinlikleri incelenmiştir.

Genel olarak bu bölümde; seçilen boyarmaddeler ile sadece boyama işleminin gerçekleştirildiği adım, kısaca (A) olarak ifade edilmektedir. Boyama işlemi sonrası indirgen yıkama işleminin de gerçekleştirildiği adım ise kısaca (B) olarak ifade edilmiştir. Geleneksel ve özel kurutma- termofiksaj işlemleri ise boyama işlemi sonrası indirgen yıkama işleminin de gerçekleştirildiği adım, yani (B) adımı sonrası numunelere uygulanmıştır.

Bu çalışmada (Birinci Çalışma) boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan konvansiyonel metot olan ramöz kurutma işlemi ile mikrodalga ve liyofilizasyon yöntemleri ile gerçekleştirilen kurutma işlemlerinin CIE-LAB renk özellikleri ve haslık değerleri karşılaştırılmıştır.

### **8.1.1 PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Renk Değerleri**

3 farklı boyarmadde ile 2 farklı boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine ramöz kurutma (110 °C’de 120 s), mikrodalga kurutma (900 W gücünde 205 s) ve dondurarak kurutma (-50 °C’de 3 sa) işlemleri uygulanmış ve kurutma işlemleri sonrası 180 °C’de 30 s termofiksaj işlemi uygulan PA 6.6 liflerinin renk özellikleri ölçülmüş ve bütün metotlara ait ölçülen renk değerleri Tablo 8.1’de gösterilmiştir.



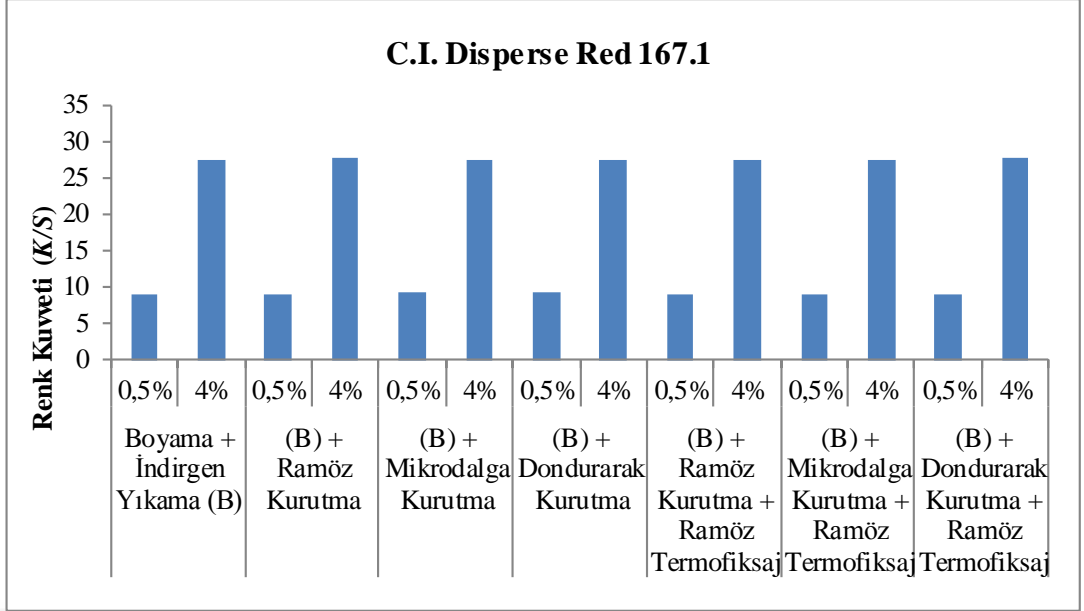
**Tablo 8.1:** Çalışmada PA 6.6 liflerine uygulanan bütün metotlara ait renk özellikleri

Uygulanan İşlem		Renk Özellikleri						
		K/S	L*	a*	b*	C*	h°	
C.I. Disperse Red 167.1	% 0,5	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	9,18	43,45	48,91	4,79	49,15	5,59
		(B) +Ramöz Kurutma	9,16	43,46	48,99	4,50	49,20	5,25
		(B) +Mikrodalga Kurutma	9,21	43,32	48,94	4,78	49,17	5,58
		(B) +Dondurarak Kurutma	9,24	43,49	49,37	4,40	49,57	5,10
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	9,13	43,26	48,58	4,16	48,76	4,90
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	9,09	43,50	48,93	4,12	49,10	4,82
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	9,16	43,41	48,94	4,21	49,12	4,91
	% 4	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	27,61	28,68	42,63	10,71	43,95	14,11
		(B) +Ramöz Kurutma	27,76	28,27	42,19	12,35	43,96	16,31
		(B) +Mikrodalga Kurutma	27,64	28,24	41,86	10,18	43,08	13,67
		(B) +Dondurarak Kurutma	27,60	29,28	44,34	14,38	46,61	17,96
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	27,70	28,97	43,77	13,9	45,92	17,61
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	27,65	28,69	43,21	13,45	45,25	17,29
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	27,76	28,17	42,02	11,98	43,76	15,81
C.I. Disperse Red 73	% 0,5	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	8,68	38,79	41,13	-4,54	41,38	353,71
		(B) +Ramöz Kurutma	8,54	38,97	41,06	-4,60	41,32	353,61
		(B) +Mikrodalga Kurutma	8,64	38,75	41,11	-4,95	41,41	353,13
		(B) +Dondurarak Kurutma	8,72	38,81	41,37	-4,82	41,65	353,36
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	8,60	38,48	40,18	-5,18	40,51	352,65
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	8,69	38,49	40,38	-4,99	40,69	352,96
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	8,65	38,59	40,39	-4,89	40,68	353,10
	% 4	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	21,43	27,41	37,09	1,95	37,14	3,00
		(B) +Ramöz Kurutma	21,37	27,19	36,18	2,48	36,27	3,92
		(B) +Mikrodalga Kurutma	21,38	27,36	36,72	2,37	36,80	3,69
		(B) +Dondurarak Kurutma	21,38	27,17	36,52	1,82	36,57	2,85
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	21,26	27,26	36,58	1,59	36,61	2,48
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	21,28	27,32	36,63	1,90	36,68	2,96
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	21,39	27,40	36,90	2,06	36,96	3,20
C. I. Disperse Red 65	% 0,5	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	6,21	45,50	40,47	8,40	41,33	11,73
		(B) +Ramöz Kurutma	6,26	44,90	40,41	5,50	40,78	7,76
		(B) +Mikrodalga Kurutma	6,21	45,04	40,22	5,71	40,62	8,08
		(B) +Dondurarak Kurutma	6,23	44,99	40,41	5,40	40,77	7,61
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,25	44,97	40,58	5,47	40,94	7,68
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,34	44,78	40,72	5,21	41,05	7,29
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,11	45,07	40,35	4,75	40,63	6,71
	% 4	Boyama +İndirgen Yıkama (B)	6,29	45,17	39,50	9,83	40,70	13,98
		(B) +Ramöz Kurutma	6,38	45,08	36,77	14,00	39,35	20,84
		(B) +Mikrodalga Kurutma	6,31	45,45	37,77	13,79	40,21	20,06
		(B) +Dondurarak Kurutma	6,32	45,97	37,32	15,71	40,49	22,83
		(B) +Ramöz Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,26	44,45	38,41	7,14	39,07	10,53
		(B) +Mikrodalga Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,38	45,63	38,23	14,64	40,94	20,95
		(B) +Dondurarak Kurutma+Ramöz Termofiksaj	6,20	44,61	38,60	7,18	39,26	10,54

Tablo 8.1' de görüldüğü gibi boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan bütün metotların boyarmadde bazında renk verimleri karşılaştırılmıştır. C.I. Disperse Red 167.1 ve C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi ve sonrasında indirgen yıkama yapılmış ve herhangi bir kurutma işlemine tabi tutulmamış PA 6.6 liflerinin renk verimi (*K/S*), % 4 boyama konsantasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi ve sonrasında indirgen yıkama yapılmış PA 6.6 liflerinin renk veriminden (*K/S*) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işleminde boya alımının daha fazla olması ile ilişkilendirilebilir. Bu yüzden % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen işleme göre % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası numunenin *K/S* değerleri gözlemlenebilir bir şekilde daha büyüktür.

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında poliamid lifli örme kumaş numunelerinin renk verimleri incelendiğinde; % 4 boyama konsantasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi ve sonrasında indirgen yıkama yapılmış ve herhangi bir kurutma işlemine tabi tutulmamış PA 6.6 liflerinin renk veriminin, % 0,5 boyama konsantasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi ve sonrasında indirgen yıkama yapılmış numunenin renk verimi değerine yakın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise % 0,5 boyama konsantrasyonunda liflerin boya alımının doyuma ulaşması olarak değerlendirilmiştir. Bu yüzden % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işleminde *K/S* değerleri % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonundaki *K/S* değerlerine yakın veriler gözlemlenmiştir.

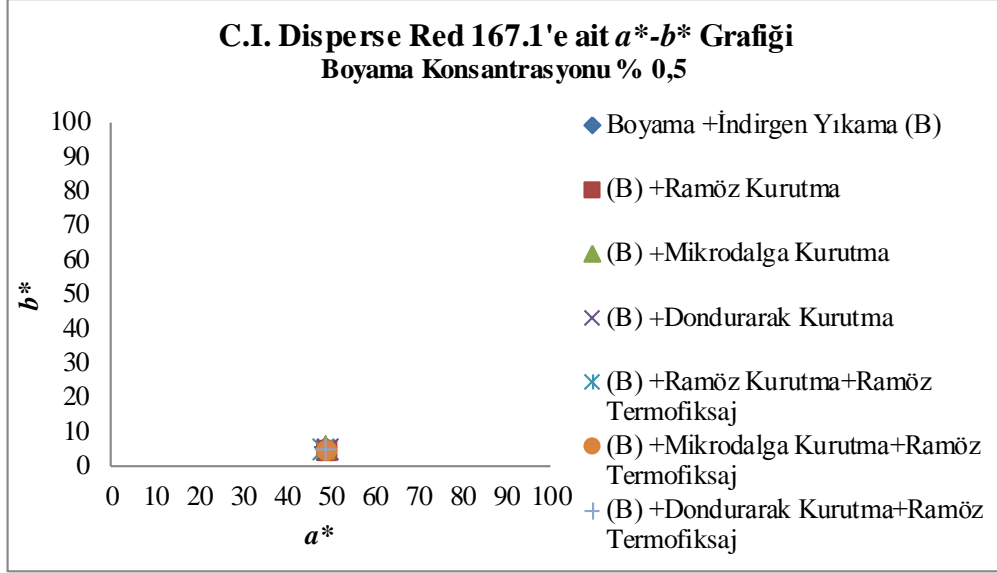
Daha doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve kurutma sonrası uygulanan ramöz termofiksaj işlemleri sonucunda elde edilen renk verimleri her bir boyarmadde için grafikler halinde verilmiştir.



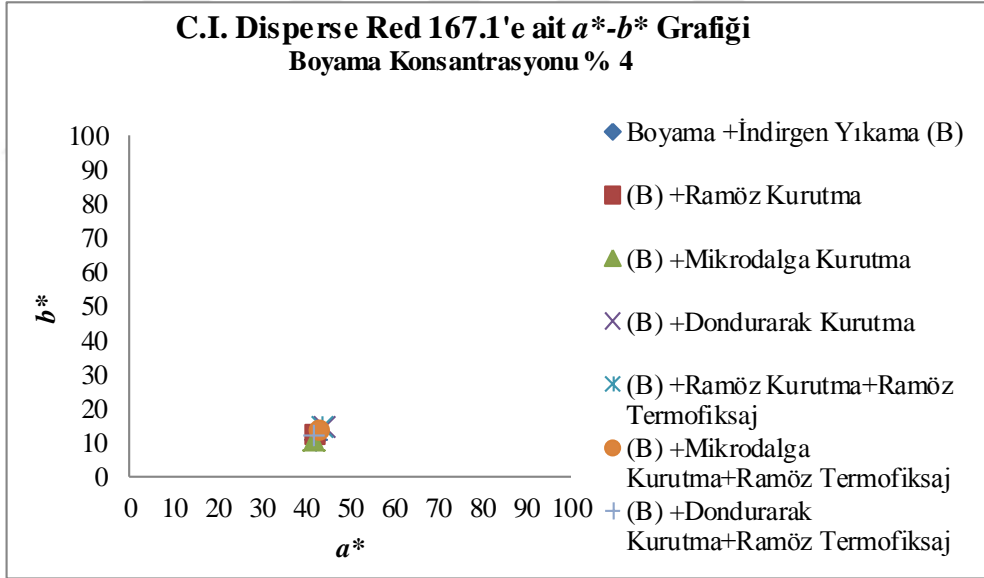
**Şekil 8.1:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği

C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında herhangi bir kurutma ve termofiksaj işlemi görmemiş PA 6.6 numuneleri kendi içinde değerlendirildiğinde, % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası PA 6.6 numunelerinin renk verimleri ( $K/S$ ) % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilene göre daha düşük kalmıştır. Bunun nedeni % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işleminde PA 6.6 liflerinin daha az boya alımı gerçekleştirmesidir.

C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak (liyofilizasyon) kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri sonrasında PA 6.6 liflerinin renk verimlerinde ( $K/S$ ) önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Aynı şekilde PA 6.6 liflerine % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işleminin sonrasında uygulanan kurutma ve termofiksaj işlemleri de renk verimi ( $K/S$ ) açısından değerlendirildiğinde birbiri arasında belirgin farklılık oluşturmamıştır.



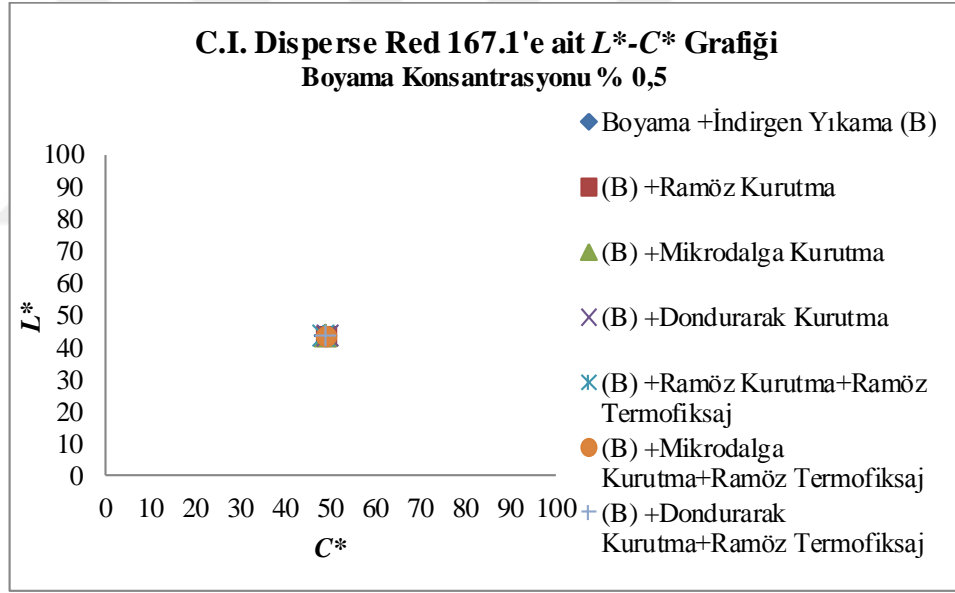
**Şekil 8.2:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği



**Şekil 8.3:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği

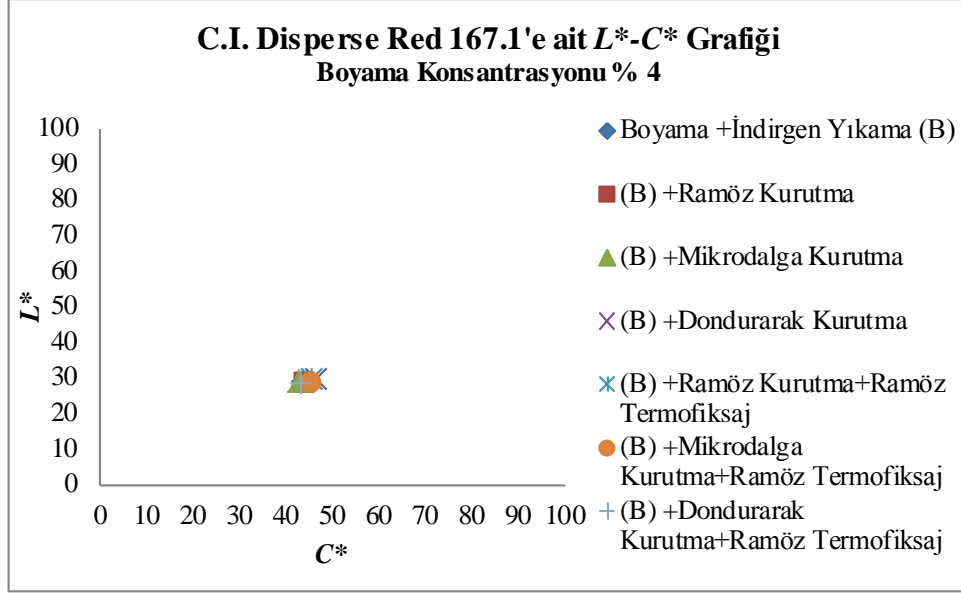
Şekil 8.2 ve Şekil 8.3 grafiğine göre, C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış, ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve akabinde ramöz termofiksaj işlemleri uygulanmış bütün numunelerin  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik)- $b^*$  (sarılık-mavilik) değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.  $a^*-b^*$  ekseninde  $a^*$  değeri arttıkça daha kırmızı,  $b^*$  değeri

arttıkça daha sarı olarak ifade edilmektedir. % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve kurutma-termofiksaj işlemleri arasında gözlemlenen en yüksek  $a^*$  değeri 49,37 ile B+dondurarak kurutma numunesine aittir. % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve kurutma-termofiksaj işlemleri arasında gözlemlenen en yüksek  $a^*$  değeri de 44,34 ile yine B+dondurarak kurutma numunesine aittir ve her iki boyama konsantrasyonunda da boyanma+indirgen yıkama işlemi görmüş numuneye oldukça yakın değerler sergilemektedirler. C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerinin ölçülen  $a^*$  (kırmızılık)- $b^*$  (sarılık) değerlerinin yanı sıra  $h^\circ$  açılarının  $90^\circ$ 'den daha küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu da göstermektedir. Ayrıca boyanmış ve konvansiyonel metot dışında mikrodalga ve dondurarak kurutma ve kurutma sonrası gerçekleştirilen ramöz termofiksaj işlemine tabi tutulmuş PA 6.6 numunelerinin  $a^*$ - $b^*$  değerlerinin görsel gözlem ile uyumlu olduğu da gözlemlenmiştir.



**Şekil 8.4:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*$ - $C^*$  grafiği

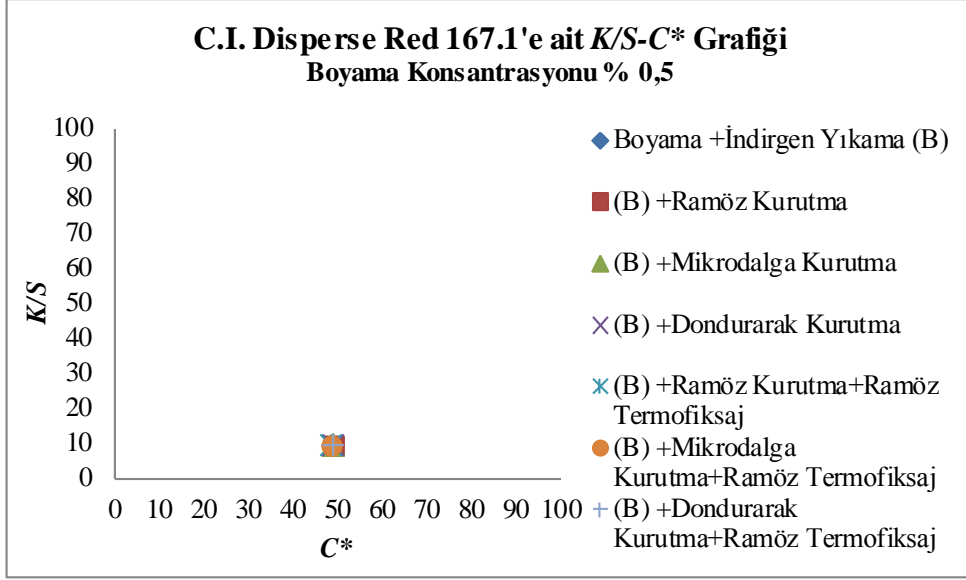




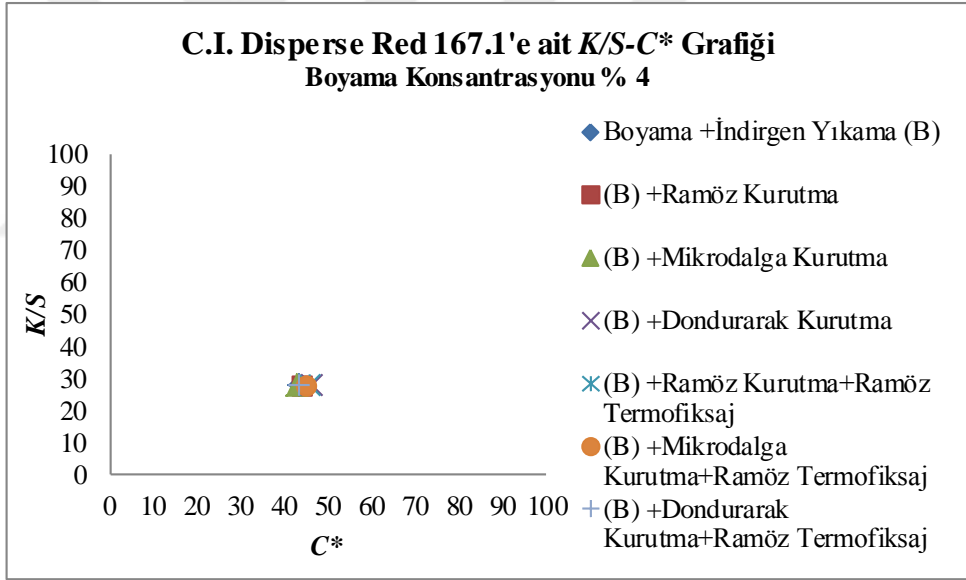
**Şekil 8.5:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*-C^*$  grafiği

$L^*-C^*$  ekseninde  $L^*$  değeri arttıkça daha açık, azaldıkça daha koyu renkler elde edildiği bilinmektedir. Buna göre % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı kurutma işlemleri ve akabinde ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 liflerine ait gözlemlenen en yüksek  $L^*$  değeri 43.50'dir ve farklı metotlar ile kurutma ve kurutma sonrası konvansiyonel metot ile termofiksaj uygulanmış PA 6.6 numunelerine ait elde edilen bütün  $L^*$  değerleri ile örtüştüğü görülmektedir (Şekil 8.4). % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve akabinde ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 liflerine ait en düşük  $L^*$  değeri 28,17 olarak gözlemlenmiştir (Şekil 8.4).

C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile hem % 0,5 hemde % 4 boyama konsantrasyonlarında boyanmış, ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemi ve kurutma işlemleri sonrası konvansiyonel yöntem ile termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 numunelerinin  $L^*-C^*$  değerlerinin birbirine yakın değerler sergilediği görülmektedir (Şekil 8.4, Şekil 8.5).



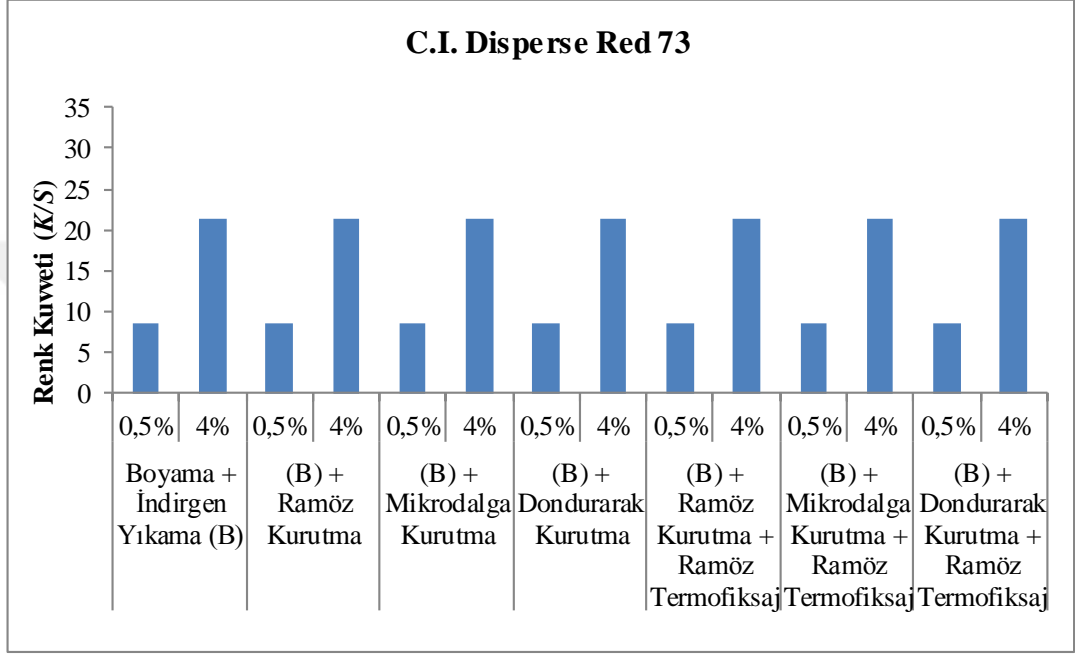
**Şekil 8.6:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait K/S-C\* grafiği



**Şekil 8.7:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait K/S-C\* grafiği

Şekil 8.6 ve Şekil 8.7 grafiklerine göre, C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile ısı işlem uygulanmış PA 6.6 numunelerinin K/S (renk verimi) – C\* (doğunluk) değerlerinin biri ile örtüştüğü, % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile ısı işlem uygulanmış numunelerin K/S – C\* değerlerinin de birbirine yakın görölmektedir.

Tüm şekiller (Şekil 8.2, Şekil 8.3, Şekil 8.4, Şekil 8.5, Şekil 8.6 ve Şekil 8.7) göstermektedir ki; C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında boyanmış ve ramöz, mikrodalga dondurarak kuruma-termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 numunelerinin CIE-LAB kolorimetrik değerleri birbirine çok yakındır. Bu durum gerçekleştirilen ısıl işlemlerin renk değerleri açısından belirgin farklılık yada bir trend oluşturmadığını göstermektedir.



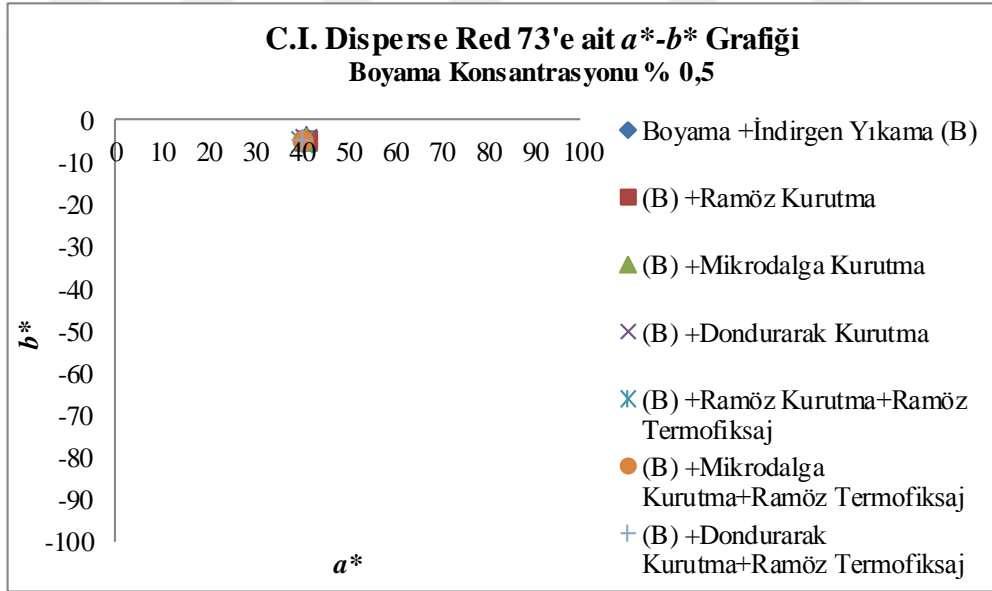
**Şekil 8.8:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği

C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve indirgen yıkama işlemleri sonrasında herhangi bir kurutma ve termofiksaj işlemi görmemiş B numunenin renk kuvveti ( $K/S$ ) değerinin 8.68 olduğu görülmektedir. Ramöz kurutma ve ramöz termofiksaj sonrası poliamid lifli örme kumaş numunesinin  $K/S$  değeri 8.60, mikrodalga kurutma ve ramöz termofiksaj sonrası poliamid lifli örme kumaş numunesinin  $K/S$  değeri 8.69, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj sonrası poliamid lifli örme kumaş numunesinin  $K/S$  değeri 8.65 olarak ölçülmektedir. Bu durum boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak (liyofilizasyon) kurutma ve akabinde gerçekleştirilen ramöz termofiksaj işlemlerinin renk verimi bakımından belirgin farklılıklar oluşturmadığını göstermektedir.

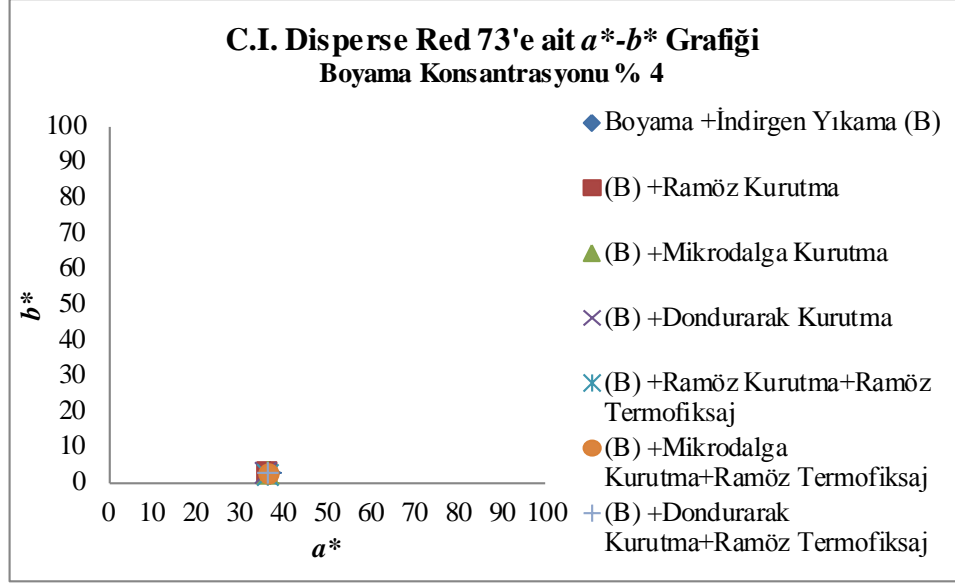
C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak (liyofilizasyon) kurutma ve ramöz termofiksaj işlemlerinin renk kuvveti ( $K/S$ ) değerlerinin birbirine yakın olduğu, öne çıkan farklılıklar oluşturmadığı görülmektedir.

C.I. Disperse Red 73'e ait renk kuvvetleri ( $K/S$ ) grafiğine göre, % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen işlem sonrası B numunesinin (boyama+indirgen yıkama) renk kuvveti ( $K/S$ ), % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen işlem sonrası B numunesinin (boyama+indirgen yıkama) renk kuvvetinden ( $K/S$ ), boya alımının fazla olması nedeniyle daha koyu olduğu görülmektedir.

C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 koyulukta boyanmış PA 6.6 liflerine inovatif ve sürdürülebilir metotlar ile uygulanan kurutma ve konvansiyonel metot ile uygulanan termofiksaj işlemleri sonrası elde edilen kolorimetrik renk özellikleri ile oluşturulmuş grafikler Şekil 8.9, Şekil 8.10, Şekil 8.11, Şekil 8.12, Şekil 8.13 ve Şekil 8.14'de verilmiştir.



**Şekil 8.9:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot ile (ramöz) termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği

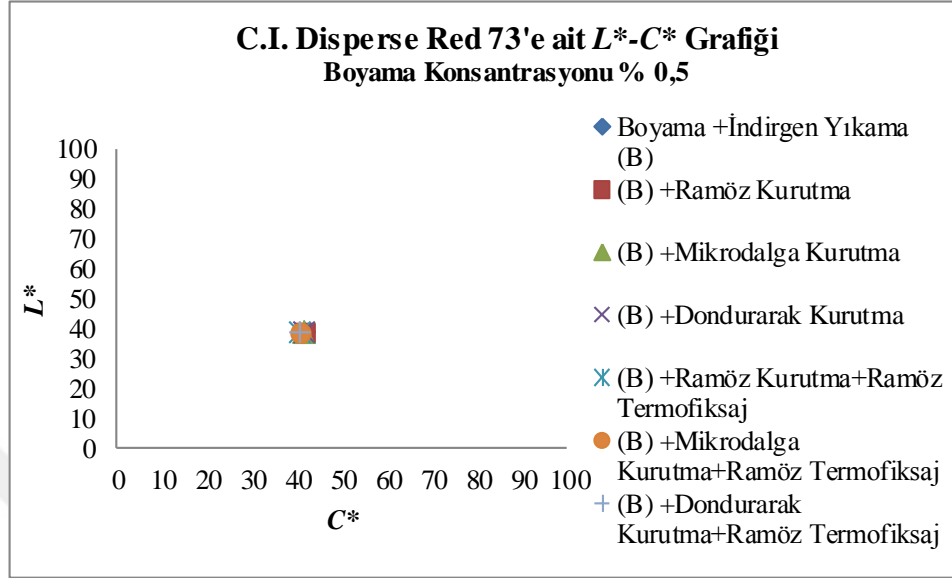


**Şekil 8.10:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği

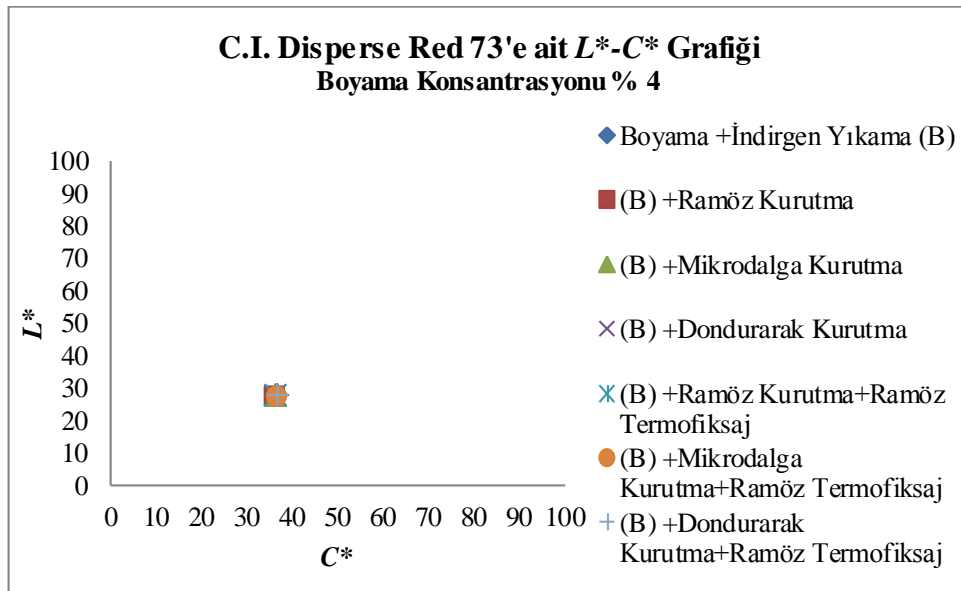
C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 koyulukta boyanmış boyanmış, konvansiyonel ve inovatif yöntemler ile kurutma ve konvansiyonel yöntemler ile termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik)- $b^*$  (sarılık-mavilik) değerleri grafikler halinde verilmiştir( Şekil 8.9 ve Şekil 8.10). Bu grafiklere göre; % 0,5 koyulukta boyanmış ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma işlemi ve kurutma sonrası ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış numunelere ait  $a^*$ (kırmızılık-yeşillik) değerleri 40,18-41,37 arasındadır.  $b^*$ (sarılık-mavilik) değerleri ise -4,54 ile -5.18 arasında değiştii gözlemlenmektedir. Genel olarak, % 0,5 koyulukta boyanmış ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma işlemi ve akabinde ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış numunelere ait  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak gözlemlenen  $h^\circ$  açısı değerlerinin (ortalama  $353^\circ$ )  $270^\circ$ 'den daha büyük ve  $360^\circ$ 'ye yakın (yani  $0^\circ$ 'a yakın) olması ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri görmüş boyalı PA 6.6 numunelerinin kırmızı tonda olduğunu göstermektedir.

% 4 koyulukta boyanmış ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma işlemi ve kurutma işlemleri sonrasında ramöz makinesinde termofiksaj işlemi uygulanmış numunelere ait  $a^*$ (kırmızılık-yeşillik) değerlerinin 36,18-37,09 arasında,  $b^*$ (sarılık-mavilik) değerlerinin ise 1,59-2,48 arasında değiştii ve değerlerin birine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Numunelerin ölçülen  $a^*$  (kırmızılık)- $b^*$  (sarılık)

değerlerine ek olarak  $h^\circ$  açılarının  $90^\circ$ 'den daha küçük olması boyalı PA 6.6 liflerine uygulanan inovatif kurutma ve konvansiyonel termofiksaj işlemleri sonrasında PA 6.6 liflerinin kırmızı tonlarda olduğunu da göstermektedir.



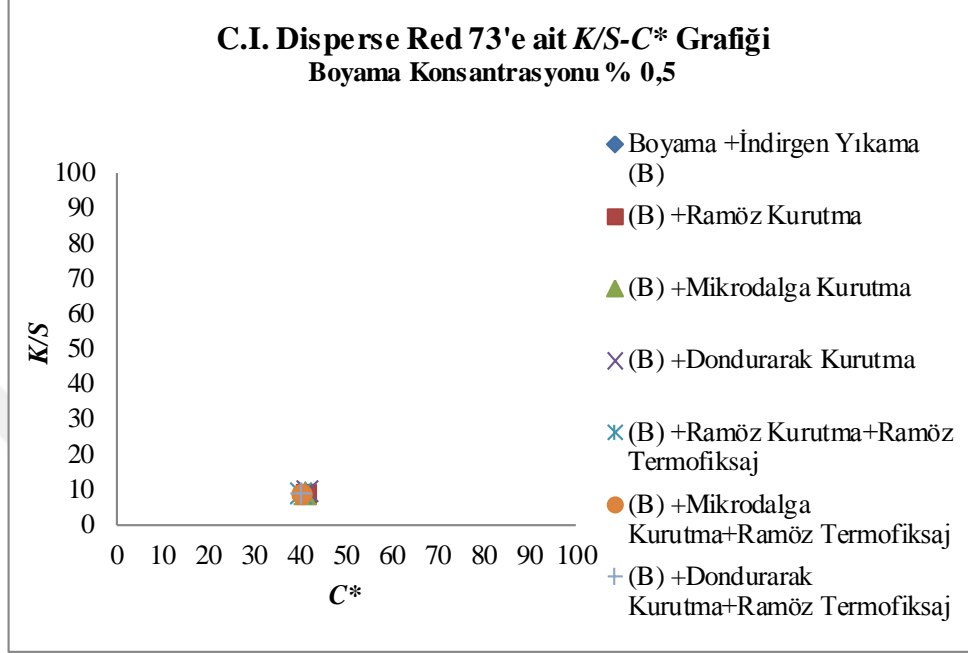
**Şekil 8.11:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*-C^*$  grafiği



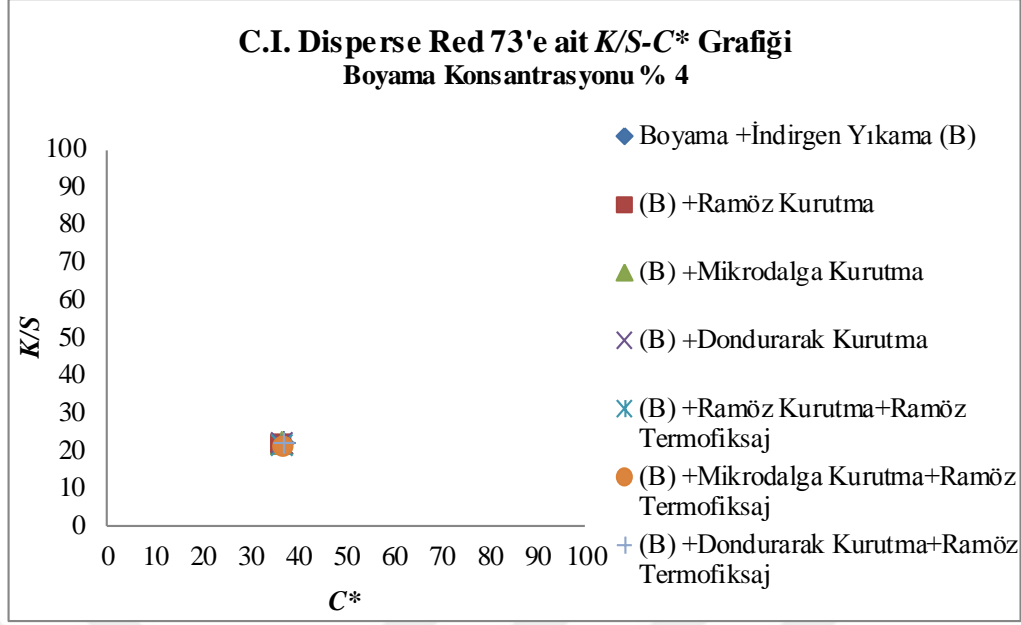
**Şekil 8.12:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*-C^*$  grafiği

Şekil 8.11 ve Şekil 8.12'de görüldüğü gibi, C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile her iki boyama konsantrasyonunda boyanmış ve ramöz,

mikrodalga, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 numunelerinin  $L^*$  (açıklık-koyuluk)-  $C^*$ (croma; doygunluk) değerlerinde belirgin bir trend gözlemlenmemekle birlikte, okunan bütün  $L^*$ - $C^*$  değerlerinin bir biri ile yakın olduğu görülmektedir.



**Şekil 8.13:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $K/S$ - $C^*$  grafiği

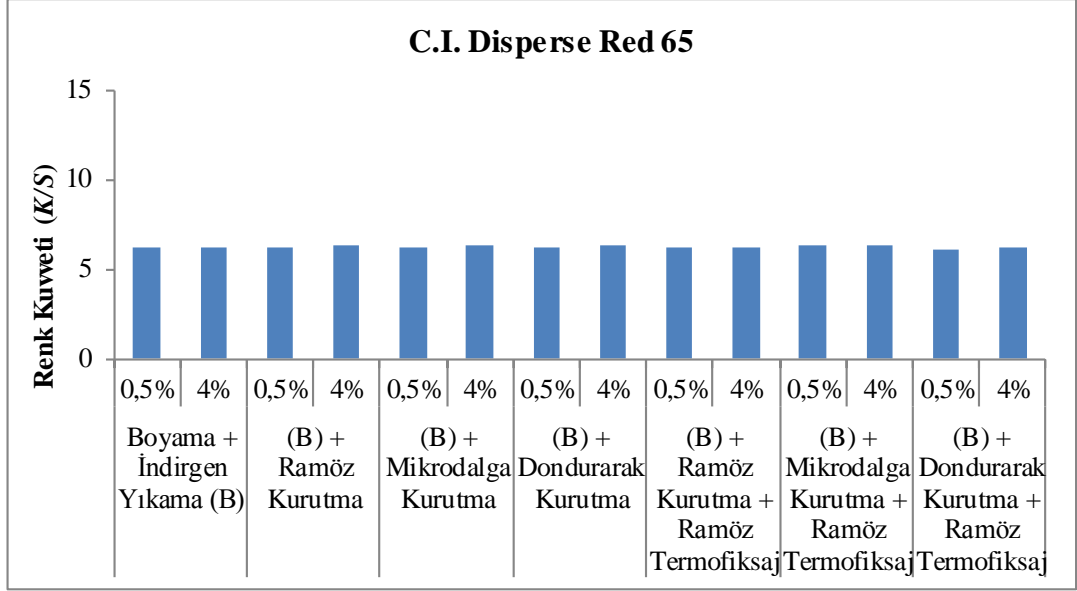


**Şekil 8.14:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $K/S-C^*$  grafiği

C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma ve kurutma işlemlerine ek olarak ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış numunelere ait renk kuvveti ( $K/S$ )-doygunluk (croma; $C^*$ ) grafiklerine göre; ısı işlem uygulanan numuneler arasında en yüksek  $K/S-C^*$  değeri B+dondurarak kurutma işlemi yapılmış numuneye ait olduğu gözlemlense de, B+dondurarak kurutma işleminin uygulanan diğer kurutma ve termofiksaj işlemlerine göre belirgin bir avantaj oluşturmadığı da gözlemlenmektedir. Çünkü uygulanan bütün kurutma ve termofiksaj metotlarına ait numunelerin  $K/S-C^*$  değerlerinin bir biri ile örtüşebilecek kadar yakın değerler olduğu görülmektedir.

Şekil 8.13 ve Şekil 8.14'de bakıldığında; ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma metotları ile kurutma ve termofiksaj işlemi uygulanmış numunelerin renk doygunluğu (croma;  $C^*$ ) yüksek ise genellikle renk veriminin ( $K/S$ ) de yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Daha öncede belirtildiği gibi gerçekleştirilen ısı işlem uygulamaları, renk verimleri (renk kuvveti;  $K/S$ ) ve doygunluk (croma;  $C^*$ ) açısından birbirine üstünlük sağlayabilecek değerler oluşturmamıştır. Renk kuvveti ve doygunluk grafiklerinde de görüldüğü gibi gerçekleştirilen işlemler arasında belirgin bir trend yakalanamamıştır (Şekil 8.13, Şekil 8.14).

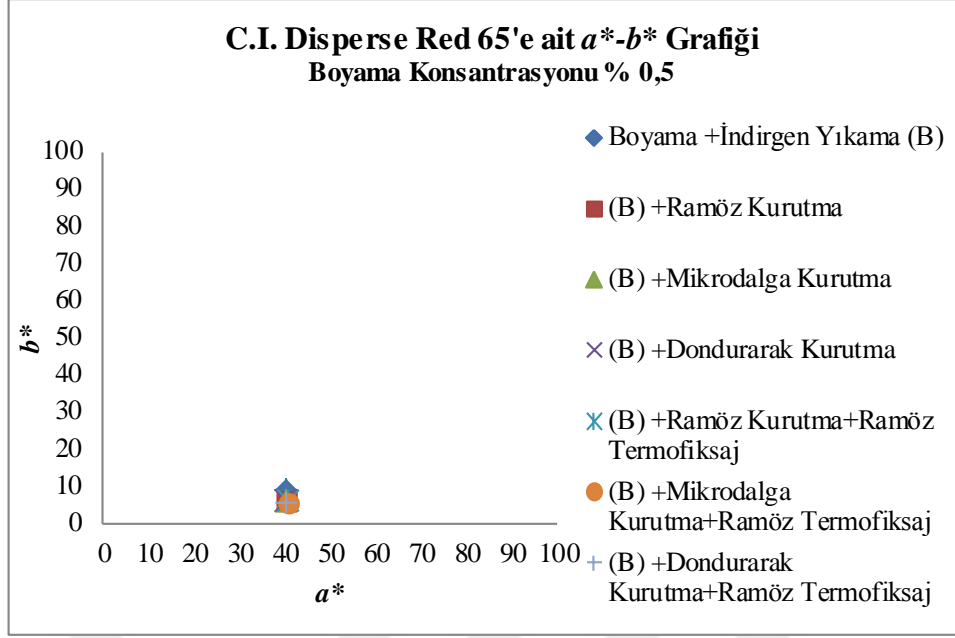




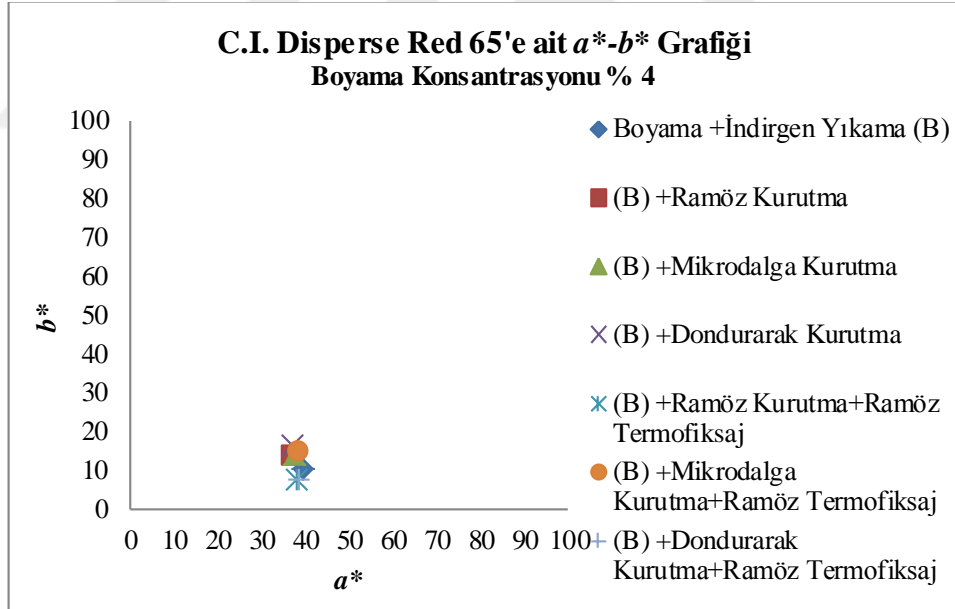
**Şekil 8.15:** C.I. Disperse Red 65 Boyarmaddesi ile hem % 4 hem de % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait renk kuvveti ( $K/S$ ) grafiği

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında herhangi bir kurutma ve termofiksaj işlemi görmemiş (B) numunenin  $K/S$  değeri 6,21 iken, % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında herhangi bir kurutma ve termofiksaj işlemi görmemiş (B) numunenin  $K/S$  değeri 6,29 olarak ölçülmüştür. % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında gerçekleştirilen boyama+ indirgen yıkama (B) numunelerinin  $K/S$  değerlerinin birbirine çok yakın olmasının nedeni PA 6.6 liflerinin % 0,5 boyama konsantrasyonunda liflerin maksimum boyama alımına ulaşmasıdır. % 4 boyama konsantrasyonunda % 0,5 boyama konsantrasyonuna göre lif yüzeyinde serbest şekilde bulunan boyarmaddenin daha fazla olduğu ve indirgen yıkama sonrası lif yüzeyinde serbest şekilde bulunan boyarmaddenin fazla boyarmaddenin lif yüzeyinden uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir.

C.I. Disperse Red 65'e ait renk verimleri  $K/S$  grafiğine bakıldığında, hem % 0,5 hem de % 4 boyama konsantrasyonları için ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri sonrası renk verimleri ( $K/S$ ) değerlerinin birbirine yakın olduğu, grafikte gözlemlenebilir bir dalgalanma oluşturmadığı gözlemlenmiştir.



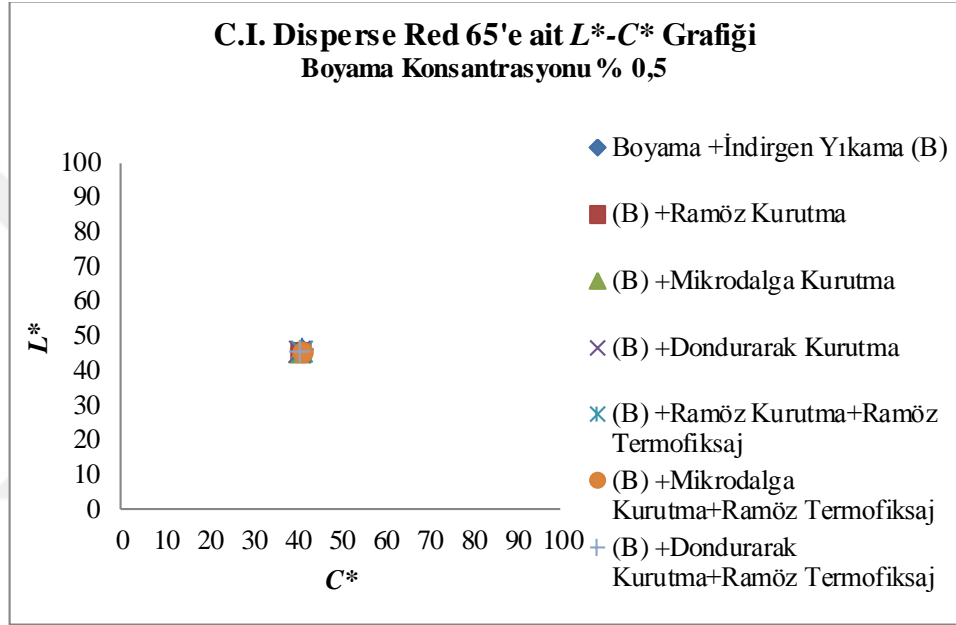
**Şekil 8.16:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği



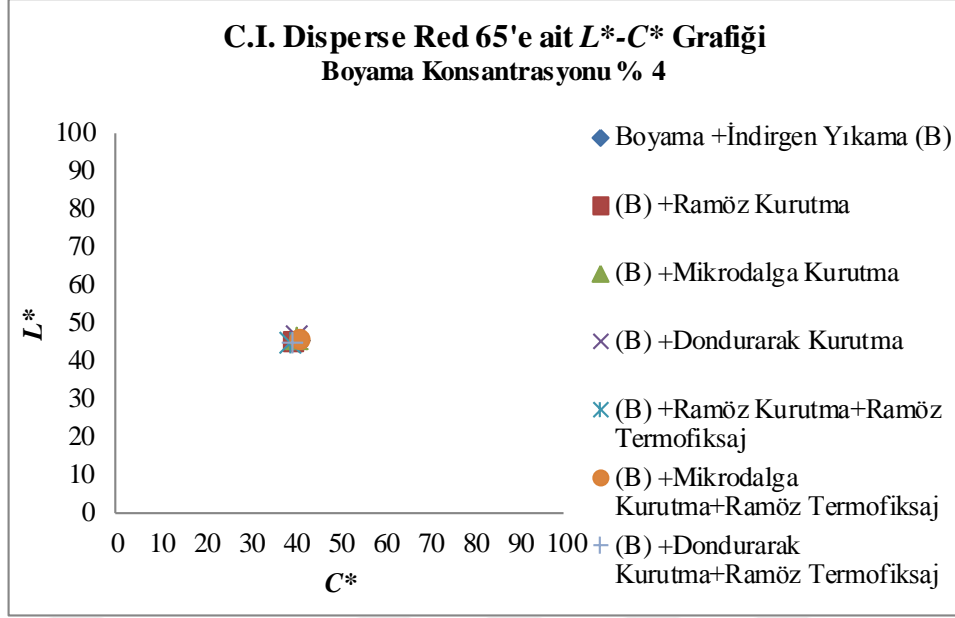
**Şekil 8.17:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*-b^*$  grafiği

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 koyulukta boyanmış, konvansiyonel ve inovatif yöntemler ile kurutma ve konvansiyonel yöntemler ile termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 liflerine ait  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik)-  $b^*$  (sarılık-mavilik) değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil8.16). % 4

koyulukta boyanmış ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış numunelere ait  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik)- $b^*$  (sarılık-mavilik) değerleri az bir farklılıkla birbirine de yakın değerler seğilemektedir. C.I Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 koyulukta boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı kurutma işlemleri ve konvansiyonel termofiksaj işlemleri numunelerin renk tonlarında ufak sapmalara neden oluşmuştur.  $a^*$ - $b^*$  grafikleri ve  $h^\circ$  açısı incelendiğinde de görülmektedir ki uygulanan kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrasında bütün numuneler kırmızı renk tonlarına sahiptir.



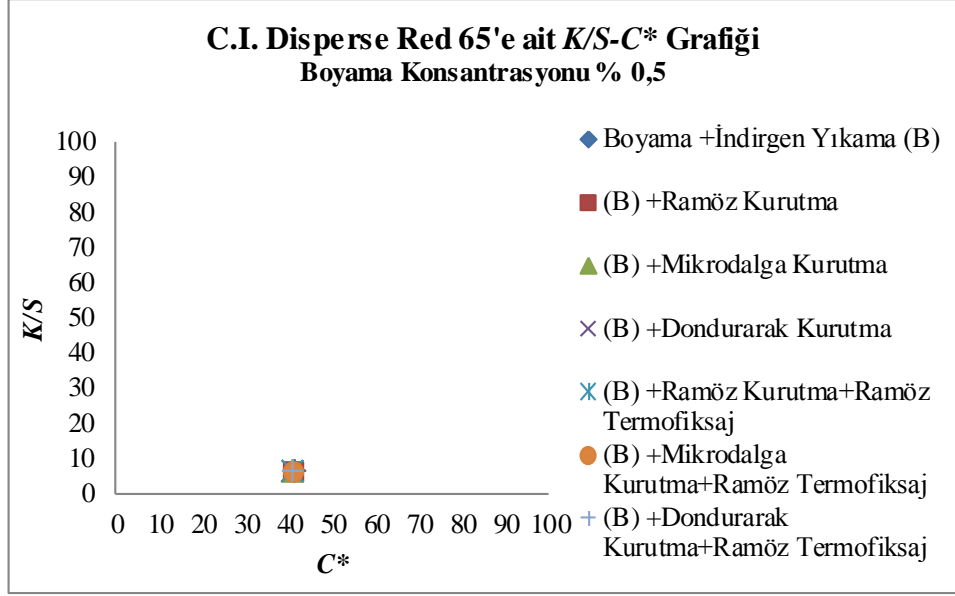
**Şekil 8.18:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*$ - $C^*$  grafiği



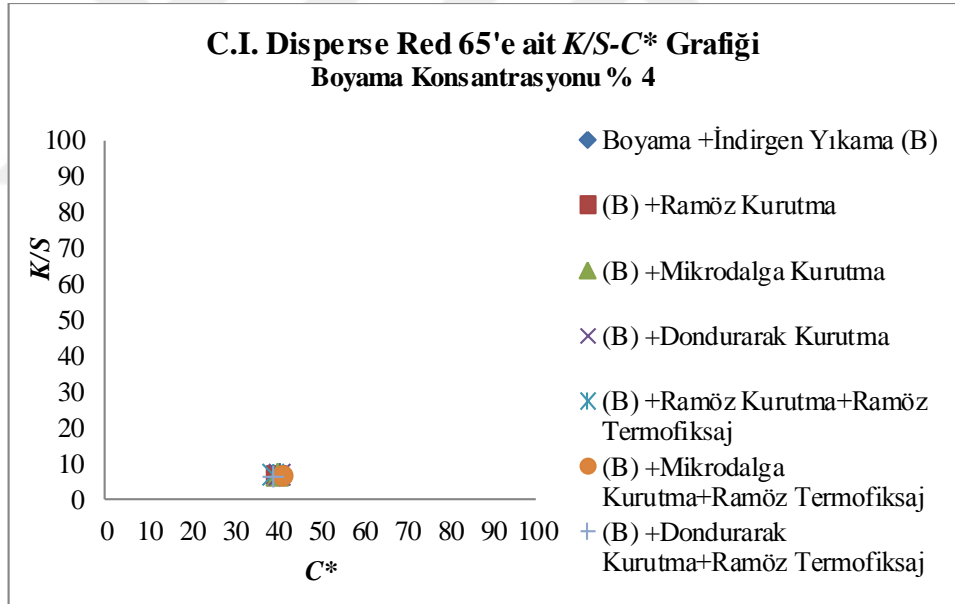
**Şekil 8.19:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $L^*$ - $C^*$  grafiği

$L^*$ - $C^*$  ekseninde  $L^*$  değeri arttıkça daha açık, azaldıkça daha koyu renkler elde edildiği bilinmektedir. Buna göre % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı kurutma ve konvansiyonel termofiksaj işlemleri uygulanmış PA 6.6 liflerine ait gözlemlenen en yüksek  $L^*$  değeri boyama sonrası indirgen yıkama işlemi yapılmış numuneye aittir.

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile hem % 0,5 hemde % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve liyofilizasyon (dondurarak), mikrodalga ve ramöz kurutma –termofiksaj işlemi uygulanmış bütün numunelerin  $L^*$ (açıklık-koyuluk)- $C^*$  (doğunluk) değerlerinin birbirine yakın değerler sergilediği görülmektedir (Şekil 8.18, Şekil 8.19).



**Şekil 8.20:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $K/S-C^*$  grafiği



**Şekil 8.21:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemi yapılmış PA 6.6 liflerine ait  $K/S-C^*$  grafiği

Şekil 8.20 ve Şekil 8.21'deki  $K/S-C^*$  grafiklerine göre; C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile hem % 0,5 hemde % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış ve liyofilizasyon (dondurarak), mikrodalga ve ramöz kurutma ve kurutma işlemleri sonrası ramöz termofiksaj işlemi uygulanmış bütün numunelerin

*K/S* (renk kuvveti)- *C\**(doygunluk) değerlerinin benzer aralıklarda olduğu ve üst üste örtüşen bir grafik oluşturduğu görölmektedir.

Uygulanan üç farklı boyarmaddede de (C.I Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65), uygulanan boyarmaddelerin farklı olmasından kaynaklı olarak PA 6.6 numunelerinin renk tonlarında farklılıklar olsada, boyama sonrası PA 6.6 liflerine uygulanan ısı işlemler sonrası numunelerin kolorimetrik renk özellikleri arasında belirgin farklılıklar oluşmadığı gözlemlenmektedir.

### **8.1.2 PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri**

C.I Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73 ve C.I. Disperse Red 65 boyarmaddeleri ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonunda boyanan, konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C'de 120 s, mikrodalga ile 900 W gücünde 205 s, liyofilizasyon yöntemi ile -50 °C'de 3 sa kurutma ve ramöz makinesinde 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemleri uygulanan PA 6.6 numunelerinin yıkama haslığı değerleri uygulanan boyarmadde ve boyama konsantrasyonu bazında karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 8.2:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri

PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz) ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Yıkama Haslığı Değerleri								
Uygulanan İşlem		Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105: C06 A1S)						
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	
C.I. Disperse Red 167.1 (Büyük)	Boyama Konsantrasyonu % 0,5	Boyama + İşlemsiz (A)	4	4/5	3/4	3	4	3/4
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
		(B)+ Ramöz Kurutma	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
		(B)+ Dondurarak Kurutma	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
		(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4/5	4/5	3/4	3/4	4/5	3/4
	Boyama Konsantrasyonu % 4	Boyama + İşlemsiz (A)	3	4	2/3	2	3	2/3
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	4	4/5	3/4	2/3	4	3
		(B)+ Ramöz Kurutma	3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3
		(B)+ Dondurarak Kurutma	3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3
(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj		3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3	
(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj		3/4	4	2/3	2/3	3/4	2/3	

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.2’de C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile küçük (% 0,5) ve büyük (% 4) boyama konsantrasyonlarında gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri incelendiğinde, boyama+işlemsiz(A) numunesine göre boyama+indirgen yıkama (B) numunesinin

yıkama haslık değerlerinin 0,25 ile 1 puan arasında iyileştiği gözlemlenmektedir. Böylece indirgen yıkama işlemi ile PA 6.6 liflerinin yüzeyinde serbest bir şekilde kalan ve bağlanmayan boyarmaddelerin lif yüzeyinden uzaklaştırıldığı görülmektedir.

% 0,5 boyama konsantrasyonunda uygulanan boyama işlemi, kurutma ve kurutma-termofiksaj işlemleri sonrasında PA 6.6 liflerinin yıkama haslıklarındaki değişimlere bakıldığında, (B)+ramöz, (B)+mikrodalga ve (B)+dondurarak kurutma numunelerinin boyama+indirgen yıkama (B) numunesine göre, yıkama esnasında numunelere refakat eden multi lifli kumaşta akrilik ve pamuk liflerindeki kirlenme değeri değişmezken, yün, poliester, naylon 6.6 ve asetat lifleri için yıkama haslığı değerlerinin 0,25-0,50 puan azaldığı gözlenmektedir.

% 4 boyama konsantrasyonunda C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile uygulanan boyama işlemi, kurutma ve kurutma-termofiksaj işlemleri sonrasında PA 6.6 liflerinin yıkama haslıklarındaki değişimlere bakıldığında, boyama+indirgen yıkama (B) numunesinin boyama+işlemsiz (A) numunesine göre, numunelere refakat eden multi lifli kumaşta poliester, yün ve pamuk liflerinin kirlenme değerlerinde 1 puan, naylon lifinin kirlenme değerinde 0,75 puan, asetat lifinin kirlenme değerinde 0,50 ve akrilik lifinin kirlenme değerinde 0,25 puan iyileşme gözlemlenmiştir. (B)+ramöz, (B)+mikrodalga ve (B)+dondurarak kurutma numunelerinin boyama+indirgen yıkama (B) numunesine göre; multi lifli kumaşların kirlenme değerlerinde 0,25 ile 0,75 puan arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde (B)+ramöz kurutma+ramöz termofiksaj, (B)+mikrodalga kurutma+ ramöz termofiksaj ve (B)+dondurarak kurutma+ ramöz termofiksaj işlemi görmüş numunelerinde, boyama +indirgen yıkama (B) numunesine göre, multi lifli kumaşların kirlenme değerlerinde 0,25 ile 0,75 puan arasında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 8.2'ye genel olarak bakıldığında gerçekleştirilen ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemlerinin multi lifli kumaşların kirlenme değerlerinde birbirleri arasında belirgin farklılıklar oluşturmadığı görülmektedir.



**Tablo 8.3:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri

PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz) ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Yıkama Haslığı Değerleri								
Uygulanan İşlem		Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105: C06 A1S)						
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	
C.I. Disperse Red 73 (Orta)	Boyama Konsantrasyonu % 0,5	Boyama + İşlemsiz (A)	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Ramöz Kurutma	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Dondurarak Kurutma	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
		(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj	3/4	4/5	3	2/3	4	2/3
	Boyama Konsantrasyonu % 4	Boyama + İşlemsiz (A)	2/3	3/4	2	1/2	3/4	1/2
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	3	4	2/3	2	3/4	2
		(B)+ Ramöz Kurutma	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		(B)+ Dondurarak Kurutma	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2
		(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj	2/3	3/4	2/3	1/2	3/4	1/2

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.3’de, C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında gerçekleştirilen boyama işlemlerinin ve sonrasında gerçekleştirilen kurutma ve termofiksaj işlemlerinin yıkama haslıkları gri skalaya göre değerlendirilmiştir. % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyamaların yıkama haslığı sonuçlarına göre, B numunesine refakat eden multi lifli

kumaştaki yün liflerinin kirlenme değerinin A numunesine refakat eden multi lifli kumaştaki yün liflerinin kirlenme değeri göre 1 puan, yine B numunesine refakat eden multi lifli kumaştaki yün lifi dışında kalan diğer bütün liflerin kirlenme değerlerinde ise 0,75 puan iyileşme gözlemlenmiştir. % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyamaların yıkama haslığı sonuçlarına göre, B numunesinin yıkama haslık değerlerinin A numunesine göre 0,25-0,75 puan arasında iyileştiği gözlemlenmiştir. Boyama sonrası PA 6.6 liflerinin yüzeyinde bağlanmadan kalan boyarmaddelerin lif yüzeyinden indirgen yıkama ile uzaklaştırılması PA 6.6 liflerinin yıkama haslıklarını 0,25-1 puan arasında iyileştirdiği görülmektedir.

% 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama, kurutma ve termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı sonuçlarına bakıldığında; B+Ramöz Kurutma, B+Mikrodalga Kurutma ve B+Dondurarak Kurutma numunelerine refakat eden multi lifli kumaştaki yün, akrilik, pamuk ve özellikle naylon, poliester liflerinin kirlenme değerlerinin, B numunesine göre farklılık göstermediği gözlemlenmiştir. Boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma metotları kendi arasında değerlendirildiğinde ise yıkama haslıklarındaki değişimlerin benzer olduğu görülmektedir. Her bir kurutma metodu sonrası 180 °C'de 30 s olarak ramözde uygulanan termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı değerlerinin de, kurutma işlemleri sonrasında elde edilen yıkama haslığı değerlerinden farklı olmadığı gözlemlenmiştir.

% 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama, kurutma ve termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı değerlerine bakıldığında; B+Ramöz Kurutma, B+Mikrodalga Kurutma ve B+Dondurarak Kurutma numunelerine refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 lifinin kirlenme değeri, B numunesine göre 0,25 puan düşmüş, termofiksaj işlemleri sonrasında da naylon 6.6 lifinin kirlenme değeri 0,25 puan daha düşme göstermiştir. B+Ramöz Kurutma, B+Mikrodalga Kurutma ve B+Dondurarak Kurutma numunelerinin yıkama haslığı değerlerinde, B numunesinin yıkama haslığı değerlerine göre 0,25-0,50 puan arasında bir gerileme gözlemlenmiştir. Aynı şekilde farklı kurutma teknikleri sonrasında 180 °C'de 30 s ramözde gerçekleştirilen termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı değerlerinin, B numunesinin yıkama haslığı değerlerine göre 0,25-0,50 puan arasında gerilediği görülmektedir.

İşlem sırasında numunelere refakat eden multi lifli kumaşta naylon 6.6 en fazla kirlenme gösteren lifdir. PA 6.6 liflerinin hidrofob karakteri ve makromoleküler yapısı nedeniyle boyanması işleminde dispers boyarmaddeler tercih edilmiştir. Dispers boyarmaddelerinin, yıkama haslığı sırasında kullanılan multi lifli kumaşta bulunan naylon, poliester ve asetat liflerine, multi lifli kumaştaki diğer liflere göre (yün akrilik ve pamuk) daha fazla ilgisi bulunmaktadır. Bu nedenle yıkama haslığı verilerine bakıldığında poliester, asetat ve özellikle naylon 6.6 lifleri en kötü yıkama haslığı değerlerini veren liflerdir. Bu yüzden haslık üzerine gerçekleştirilen değerlendirmeler daha çok naylon 6.6 lifi ve poliester lifi üzerinden değerlendirilmiştir.



**Tablo 8.4:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri

PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz) ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Yıkama Haslığı Değerleri								
Uygulanan İşlem		Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105: C06 A1S)						
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Konsantrasyonu % 0,5	Boyama + İşlemsiz (A)	<u>3</u> /4	4/5	3	2/3	4	2/3
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	<u>4</u> /5	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Ramöz Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Dondurarak Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4
		(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4
	Boyama Konsantrasyonu % 4	Boyama + İşlemsiz (A)	3/4	<u>4</u> /5	3	2/3	4	2/3
		Boyama + İndirgen Yıkama (B)	<u>4</u> /5	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Ramöz Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Dondurarak Kurutma	4	4/ <u>5</u>	3/4	3	4/5	3/4
		(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4
		(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4
		(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Termofiksaj	4	4/5	3/4	2/ <u>3</u>	4/5	<u>3</u> /4

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.4’de C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile iki farklı boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga dondurarak kurutma ve konvansiyonel yöntem (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin yıkama haslığı değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre; 120 °C’de, 40 dk, % 0,5 boyama konsantrasyonunu ile gerçekleştirilen boyama

işlemi sonrasında, PA 6.6 liflerinin yüzeyinde bağlanmadan kalan boyarmaddelerin lif yüzeyinden uzaklaştırılması için indirgen yıkama işlemi yapılmış ve indirgen yıkama işlemi yapılmış numunenin yıkama haslığı değerlerinde, aynı koyulukta ve aynı şartlarda sadece boyama işlemi yapılmış numunenin yıkama haslığı değerlerine göre, 0,25-1 puan arasında bir iyileşme gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen işlemlerin sonucunda ise, boyama sonrası indirgen yıkama yapılmış B numunesinin yıkama haslık değerlerinde, boyama sonrasında herhangi bir işlem gerçekleştirilmemiş A numunesinin yıkama haslık değerlerine göre 0,50-1 puan arasında iyileşme olduğu görülmektedir.

PA 6.6 liflerine C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve kurutma ve termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı sonuçlarına bakıldığında (Tablo 8.4); ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemlerinin sonucunda numunelerin yıkama haslığı değerlerinin, B (boyama+indirgen yıkama) numunesinin yıkama haslığı değerlerine göre belirgin farklılık oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle multi lifli kumaşta naylon 6.6 ve poliester liflerinin kirlenme değerlerindeki değişimlerin aynı kaldığı gözlemlenmiştir. Ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemleri sonrasında, 180 °C'de 30 s olarak ramözde gerçekleştirilen termofiksaj işlemleri sonrasında ise numunelerin yıkama haslığı değerlerinde, B (boyama+indirgen yıkama) numunesinin yıkama haslığı değerlerine göre 0-0,25 puan arasında gerileme olduğu gözlemlenmiştir. Farklı kurutma işlemlerinden sonra konvansiyonel yöntem ile termofiksaj işlemi görmüş numunelerin yıkama haslığı verileri biribiri arasında değerlendirildiğinde ise, multi lifli kumaştaki her bir lif için kirlenme değerlerinin aynı kaldığı görülmektedir.

PA 6.6 liflerine C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve kurutma ve termofiksaj işlemlerinin yıkama haslığı değerlerine bakıldığında; B+Ramöz Kurutma, B+Mikrodalga Kurutma ve B+Dondurarak Kurutma numunelerine refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 ve poliester liflerinin kirlenme değerinin B (boyama+indirgen yıkama) numunesi ile benzer olduğu görülmektedir. Ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemlerinden sonra termofiksaj işlemi görmüş numunelere refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 liflerinin kirlenme değeri B (boyama+indirgen

yıkama) numunesine göre 0,25 puan gerilemiş, poliester liflerinin kirlenme değerleri ise B (boyama+indirgen yıkama) numunesine göre değişmemiştir. B+Ramöz Kurutma, B+Mikrodalga Kurutma ve B+Dondurarak Kurutma numunelerine refakat eden multi lifli kumaştaki her lif için kirlenme değerlerindeki değişime bakıldığında, kirlenme değerlerindeki değişimin benzer olduğu, uygulanan kurutma yöntemlerinin birbiri arasında bir avantaj oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

PA 6.6 liflerinin dispers boyarmaddeler ile boyanabilir olduğu ve dispers boyarmaddelerin yıkama haslığı işlemi sırasında numunelere refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 ve poliester liflerine, multi lifli kumaştaki diğer liflere göre ilgisinin daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu yüzden yıkama haslığı verilerinin değerlendirilmesi sırasında multi lifli kumaşta poliester ve naylonun kirlenme değerleri üzerinde daha fazla durulmuş ve yorumlamalar buna göre yapılmıştır.

### **8.1.3 PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Kurutma ve Termofiksaj İşlemlerinin Sonucunda Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri**

PA 6.6 liflerine uygulanan farklı kurutma ve termofiksaj metotları sonrası PA 6.6 liflerinin renk özellikleri ve yıkama haslığı verileri önceki bölümlerde değerlendirilmiş ve uygulanan farklı kurutma ve termofiksaj metotlarının belirgin farklılıklar oluşturmadığı görülmüştür. Fakat daha etkin bir değerlendirme yapabilmek için konvansiyonel yöntem ile 110 °C'de 120 s, mikrodalga ile 900 W gücünde 205 s, liyofilizasyon yöntemi ile -50 °C'de 3 sa kurutma ve ramöz makinesinde 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemi uygulanan PA 6.6 numunelerinin sürtme haslığı değerleri de uygulanan boyarmadde ve boyama konsantrasyonu bazında incelenmiştir.

**Tablo 8.5:** C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri

<b>PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz) ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Sürtme Haslığı Değerleri</b>				
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Sürtme Haslığı I (PET) (ISO 105: X12)</b>			
	<b>C.I. Disperse Red 167.1</b>			
	<b>Boyama Konsantrasyonu % 0,5</b>		<b>Boyama Konsantrasyonu % 4</b>	
	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>
Boyama + İşlemsiz (A)	3/4	4/5	2/3	4/5
Boyama + İndirgen Yıkama (B)	4/5	5	4/5	4/5
(B)+ Ramöz Kurutma	4/5	4/5	3/4	4/5
(B)+ Mikrodalga Kurutma	4/5	4/5	3/4	4/5
(B)+ Dondurarak Kurutma	4/5	4/5	3/4	4/5
(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	3/4	4/5
(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	3/4	4/5
(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	3/4	4/5

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.5’de C.I. Disperse Red 167.1 boyarmaddesi ile iki farklı boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı kurutma ve termofiksaj işlemlerinin sürtme haslığı değerleri verilmiştir. % 0,5 boyama konsantrasyonunu ile gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında, PA 6.6 liflerinin kuru sürtme haslıkları 4/5-5 aralığında değerler sergilerken, yaş sürtme haslıkları 3/4-4/5 aralığında değerler sergilemektedir. % 4 boyama konsantrasyonunu ile gerçekleştirilen boyama işlemi sonrasında, PA 6.6 liflerinin kuru sürtme haslıkları 4 gri skala derecesinin üstünde olup, ticari olarak kabul edilebilir seviyelerde 4/5-4/5 aralığında değişirken, yaş sürtme haslıkları ise 2/3-4/5 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.

% 0,5 boyama konsantrasyonunda B+mikrodalga kurutma ve B+ dondurarak kurutma işlemleri sonrasında numunelerin yaş ve kuru sürtme haslıklarının, B+ramöz kurutma işlemi görmüş numunelerin yaş ve kuru sürtme haslıklarına göre değişiklik

göstermediği, fakat B+ indirgen yıkama işlemi görmüş numunelerin yaş ve kuru sürtme haslıklarına göre 0,25 puan gerilediği gözlemlenmiştir.

% 4 boyama konsantrasyonunda B+ ramöz kurutma, B+ mikrodalga kurutma ve B+ dondurarak kurutma işlemleri sonrasında numunelerin kuru sürtme haslıklarının, boyama+indirgen yıkama işlemi görmüş numunenin kuru sürtme haslığına göre 0.25 puan, yaş sürtme haslıklarının ise boyama+indirgen yıkama işlemi görmüş numunenin yaş sürtme haslığına göre 0,75 puan gerilediği görülmektedir.

Yüksek boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası uygulanan kurutma ve termofiksaj metotlarının renk verimlerinin, düşük boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası uygulanan kurutma ve termofiksaj metotlarının renk verimlerine kıyasla daha yüksek olması, lif içindeki boya molekül içeriğinin daha yüksek olduğunu ve bundan dolayı daha düşük sürtme haslığı seviyelerinin elde edildiğini göstermektedir.

**Tablo 8.6:** C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri

PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz)ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Sürtme Haslığı Değerleri				
Uygulanan İşlem	Sürtme Haslığı I (PET) (ISO 105: X12)			
	C.I. Disperse Red 73			
	Boyama Konsantrasyonu % 0,5		Boyama Konsantrasyonu % 4	
	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
Boyama + İşlemsiz (A)	<u>3</u> /4	3/ <u>4</u>	2/ <u>3</u>	3/4
Boyama + İndirgen Yıkama (B)	4/ <u>5</u>	5	4/5	4/ <u>5</u>
(B)+ Ramöz Kurutma	4/5	4/ <u>5</u>	3/ <u>4</u>	4/5
(B)+ Mikrodalga Kurutma	4/5	4/ <u>5</u>	3/ <u>4</u>	4/5
(B)+ Dondurarak Kurutma	4/5	4/ <u>5</u>	3/ <u>4</u>	4/5
(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Fiksaj	<u>4</u> /5	4/5	3/4	<u>4</u> /5
(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Fiksaj	<u>4</u> /5	4/5	3/4	<u>4</u> /5
(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Fiksaj	<u>4</u> /5	4/5	3/4	<u>4</u> /5

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).



Tablo 8.6’da C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile iki farklı boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga, dondurarak (liyofilizasyon) kurutma ve ramöz termofiksaj işlemlerinin sürtme haslığı seviyeleri genellikle 3/4-5 arasında gri skala derecesi göstermiştir.

C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 0,5 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama, kurutma ve termofiksaj işlemlerinin sürtme haslığı sonuçlarına göre, B (boyama + indirgen yıkama) numunesinin kuru sürtme haslığı A (boyama + işlemiz) numunesinin kuru sürtme haslığına göre 1,25 puan, yaş sürtme haslığı ise 1,50 puan iyileşme göstermiştir. Ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemleri sonrasında ramöz termofiksaj işlemi görmüş numunelerin yaş ve kuru sürtme haslık değerleri ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemi görmüş numunelerin yaş ve kuru sürtme haslık değerlerine göre 0,25 puan, boyama+indirgen yıkama numunesinin yaş ve kuru sürtme haslık değerlerine göre de 0,50 puan gerileme göstermiştir.

C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile % 4 boyama konsantrasyonunda PA 6.6 liflerine uygulanan boyama, kurutma ve termofiksaj işlemlerinin sürtme haslığı sonuçlarına göre, B (boyama + indirgen yıkama) numunesinin kuru sürtme haslık değerinin A (Boyama + İşlemiz) numunesinin kuru sürtme haslık değerine göre 1,25 puan, yaş sürtme haslık değerine göre ise 1,75 puan iyileştiği görülmektedir. Boyama sonrası ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemleri uygulanan numunelerin yaş sürtme haslıkları B (boyama + indirgen yıkama) numunesinin yaş sürtme haslığına göre 0,75 puan, kuru sürtme haslıkları ise B (boyama + indirgen yıkama) numunesinin kuru sürtme haslığına göre 0,25 puan düşme göstermektedir. Genel olarak, C.I. Disperse Red 73 boyarmaddesi ile küçük ve büyük boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası uygulanan kurutma ve termofiksaj işlemlerinin konvansiyonel metotlar ile gerçekleştirilen işlemlere kıyasla sürtme haslıkları üzerinde belirgin farklılıklar oluşturmadığı görülmektedir.

**Tablo 8.7:** C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan farklı metotlar ile kurutma ve konvansiyonel metot (ramöz) ile termofiksaj işlemleri sonrası PA 6.6 liflerinin sürtme haslığı değerleri

<b>PA 6.6 Liflerine Uygulanan Farklı Metotlar ile Kurutma ve Konvansiyonel Metot (Ramöz) ile Termofiksaj İşlemleri Sonrası PA 6.6 Liflerinin Sürtme Haslığı Değerleri</b>				
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Sürtme Haslığı I (PET) (ISO 105: X12)</b>			
	<b>C.I. Disperse Red 65</b>			
	<b>Boyama Konsantrasyonu % 0,5</b>		<b>Boyama Konsantrasyonu % 4</b>	
	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>
Boyama + İşlemsiz (A)	3/4	3/4	3/4	3/4
Boyama + İndirgen Yıkama (B)	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Ramöz Kurutma	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Mikrodalga Kurutma	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Dondurarak Kurutma	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Ramöz Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Mikrodalga Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	4/5	4/5
(B)+ Dondurarak Kurutma + Ramöz Fiksaj	4/5	4/5	4/5	4/5

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.7’de C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile iki farklı boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan ramöz, mikrodalga, dondurarak (liyofilizasyon) kurutma ve ramöz termofiksaj işlemlerinin sürtme haslığı değerleri verilmiştir. % 0,5 boyama konsantrasyonunu ile gerçekleştirilen boyama, ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri sonrasında, PA 6.6 liflerinin kuru sürtme haslıkları 3/4-4/5 aralığında değerler gösterirken, yaş sürtme haslıkları 3/4-4/5 aralığında değerler göstermektedir. % 4 boyama konsantrasyonunu ile gerçekleştirilen boyama, ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri sonrasında, PA 6.6 liflerinin kuru sürtme haslıkları 4/5-4/5 aralığında değişirken, yaş sürtme haslıklarının ise 2/3-4/5 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen her iki boyama konsantrasyonunda da ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma işlemi görmüş numunelerin sürtme haslık değerleri, B (boyama+indirgen yıkama) numunesinin sürtme haslık değerlerine göre 0,25 puan gerilemiştir. Uygulanan boyama ve kurutma işlemleri sonrası ramöz makinesinde termofiksaj işlemi görmüş PA 6.6

numunelerin sürtme haslık değerlerinin ise B (boyama+indirgen yıkama) numunesinin sürtme haslık değerlerine göre 0,50 puan gerilediği gözlemlenmiştir.

Tüm bu bulguların yanında belirtilmesi gerekir ki; her iki boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve ısıl işlemler sonrası numunelerin sürtme haslığı değerleri 4'n üzerindedir ve bu değer ticari olarak kabul edilebilir yüksek değerlerdir.

Boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan mikrodalga, dondurarak kurutma metotlarının konvansiyonel metotlara kıyasla sürtme haslığı değerlerinde belirgin bir trend oluşturmadığı görülmektedir. C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında boyanmış, ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri uygulanmış PA 6.6 numunelerinin hem yaş hem de kuru sürtme haslığı değerlerinin benzer sonuçları vermesi numunelerin renk verimleri ile ilişkilendirilmektedir. Çünkü her iki boyama konsantrasyonunda boyanmış, kurutma ve termofiksaj işlemleri uygulanmış PA 6.6 numunelerin renk verimlerinin birbirine yakın olduğu bilinmektedir. Düşük boyama konsantrasyonunda C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile gerçekleştirilen boyama işleminde PA 6.6 liflerinin boya alımının doyum noktasına ulaştığı ve bu yüzden daha koyu boyama konsantrasyonlarında gerçekleştirilen boyama işlemlerinde lif içerisindeki boya molekllnn artmadığı ve renk verimlerinin düşük kaldığı önceki bölümlerde bahsedilmişti. Buna göre numunelerin elde edilen renk verimlerinin de sürtme haslığı değerlerini desteklediği görülmektedir.

## **8.2 İkinci alışma; Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Bulgular**

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen ikinci çalışmada, % 100 PET liflerinden üretilmiş örme kumaşlara C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda 130 °C'de 45dk HT şartlarında boyama yapılmıştır. Boyama işlemi sonrasında boyalı kumaşlara geleneksel indirgen yıkama işlemi yapılmıştır. İndirgen yıkaması yapılmış dispers boyalı PET lifli örme kumaşlara ramöz vasıtasıyla 110 °C'de 120 s konvansiyonel kurutma (yaş işlemden çıkmış kumaşları

kurutmak için kullanılır) ve 180 °C'de 30 s konvansiyonel ısı işlem (termofiksaj: genellikle kumaşlarda boyutsal stabilite sağlamak ya da kumaşlara bitim işlem kimyasalının fikse edilmesi için uygulanır.) uygulanmıştır. Bu tip ısı işlemlerin (geleneksel kurutma ve termofiksaj işlemleri) uygulanması sırasında lif içine difüz etmiş bazı dispers boyarmaddelerin lif yüzeyine termal migrasyon (termal göç) yoluyla göç etmesi sonucunda renk haslığı değerlerinin düşmesi bilinen bir olaydır. Geleneksel kurutma ve termofiksaj işlemi uygulandıktan sonra karşılaşılabilen olası renk haslığı düşüşlerini azaltma ve/veya ortadan kaldırma yani renk haslığı değerlerini geliştirebilme amacıyla boyanmış, indirgen yıkanmış, kurutulmuş ve ısı fiksaj işlemine maruz bırakılmış poliester kumaşlara farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa, 24 sa) ultraviyole (UV) radyasyonu uygulanmıştır. Boyanmış ve konvansiyonel yollarla kurutma ve ısı fiksaj (termofiksaj) işlemleri uygulanmış PET liflerine farklı işlem şartlarında uygulanan UV işleminin termal migrasyon sonucu kötüye gidebilecek haslık değerlerini iyileştirme ve geliştirmeye neden olup olmayacağı ve yıkama, sürtme ve süblimasyon haslıkları üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

### **8.2.1 Konvansiyonel (Ramöz) Kuruma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Renk Değerleri**

C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda HT şartlarında 130 °C'de 45 dk boyanmış ve sonrasında konvansiyonel (ramöz) yollarla 110 °C'de 120 s kurutma ve 180 °C'de 30 s ısı fiksaj (termofiksaj) işlemleri uygulanmış PET liflerine farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa ve 24 sa) uygulanan UV işlemleri sonrasında PET liflerinin renk özellikleri ölçülmüş ve ölçülen renk değerleri Tablo8.8'de gösterilmiştir.

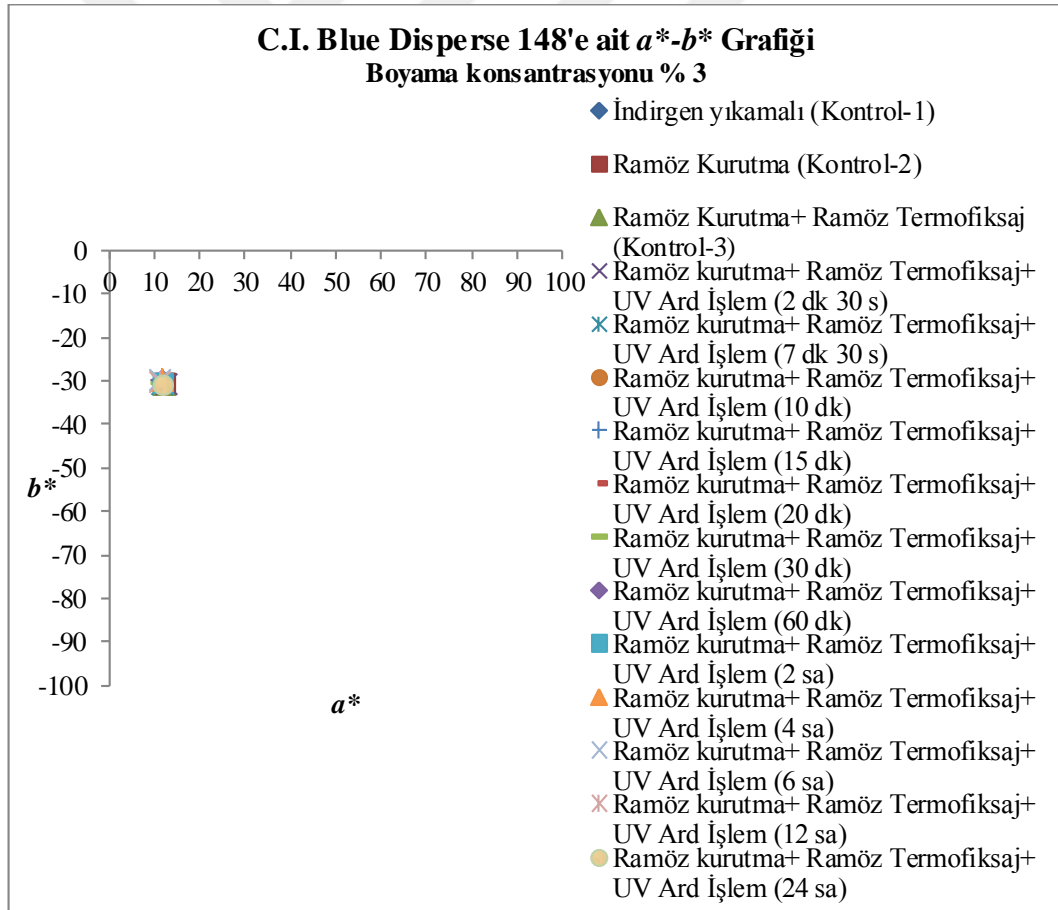
**Tablo 8.8:** C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait renk değerleri

<b>Boyama İşlemi sonrası Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan UV İşlemi Öncesi ve Sonrası PET Liflerine Ait Renk Değerleri</b>							
<b>Uygulanan İşlem</b>		<b>Renk özellikleri</b>					
		<b>K/S</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
<b>C.I. Disperse Blue 148 (Orta) - Boyama Konsantrasyonu % 3</b>	İndirgen Yıkamalı	30,1	18,49	12,52	-30,96	33,40	292,0
	Ramöz Kurutma	29,8	18,48	12,14	-30,57	32,89	291,7
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj	29,9	18,67	12,25	-30,97	33,30	291,6
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 dk 30 s)	29,7	18,64	12,62	-31,15	33,61	292,1
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (7 dk 30 s)	29,9	18,60	12,13	-30,73	33,04	291,5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (10 dk)	30,0	18,63	12,03	-30,75	33,02	291,4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (15 dk)	29,8	18,45	12,11	-30,43	32,75	291,7
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (20 dk)	29,6	18,66	12,07	-30,65	32,94	291,5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (30 dk)	29,9	18,79	11,62	-30,57	32,71	290,8
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (60 dk)	30,2	18,29	11,68	-29,80	32,01	291,4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 sa)	30,1	18,53	11,93	-30,41	32,67	291,4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (4 sa)	30,0	18,50	11,79	-30,16	32,39	291,4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (6 sa)	29,6	18,65	11,59	-30,06	32,22	291,1
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (12 sa)	29,7	18,81	11,58	-30,36	32,50	290,9
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (24 sa)	30,2	18,96	11,92	-31,11	33,31	291,0

Tablo 8.8'te görüldüğü gibi C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 koyulukta boyanmış PET liflerine uygulanan UV işlemi öncesi ve sonrası renk

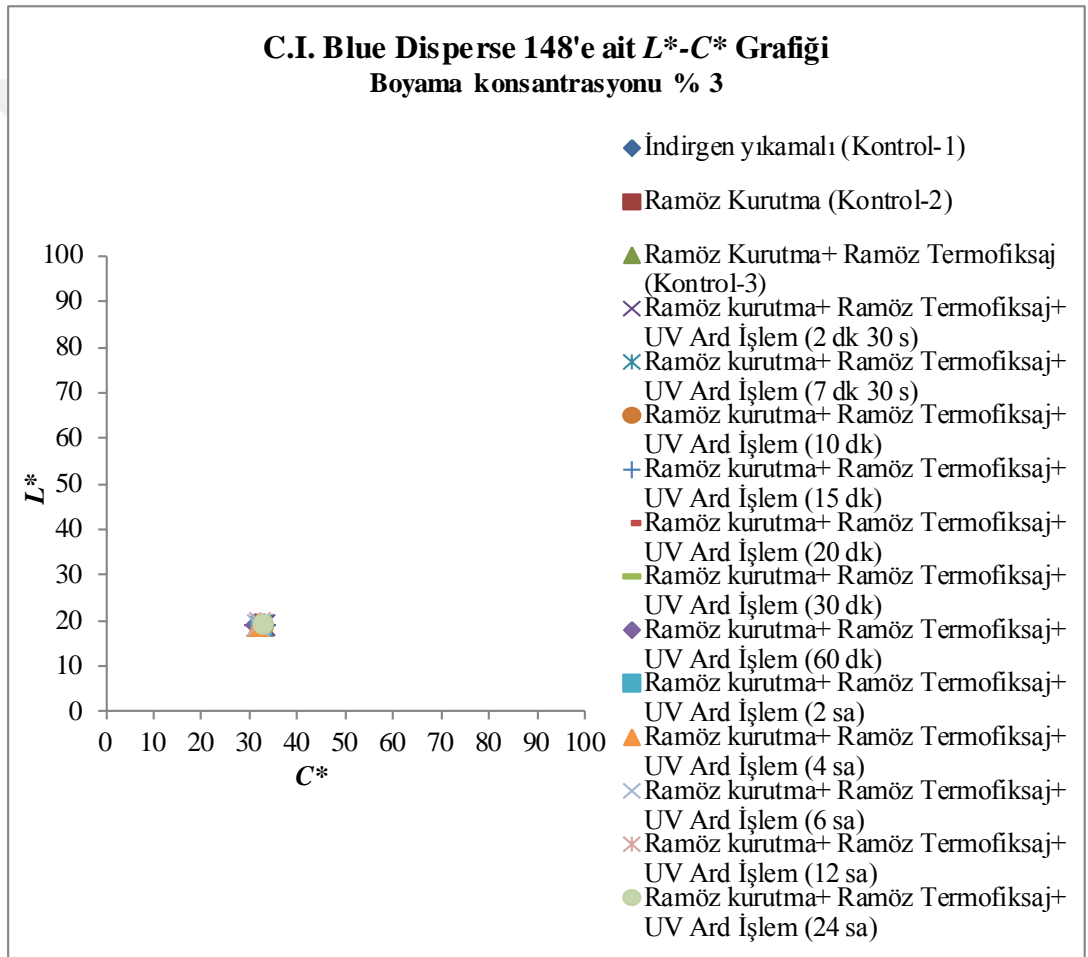
verimi ( $K/S$ ) değerlerinin birbirine yakın değerler gösterdiği ve genel olarak renk verimlerinin 29,6 ile 30,2 arasında değiştiği görülmektedir. Boyama sonrası sadece indirgen yıkama yapılmış ve herhangi bir işlem uygulanmamış liflerin renk verimi 30,1 iken, ramöz kurutma ve termofiksaj yapılmış numunelerin renk verimlerinin 29.9 olduğu gözlemlenmiştir. Boyanmış, indirgen yıkanmış, kurutma ve termofiksaj işlemi uygulanmış PET liflerine farklı sürelerde uygulanmış UV işlemleri, PET lifinin renk verimini önemli ölçüde değiştirmedeği ve uygulanan UV işlemi sonrası renk verimlerinde belirgin farklılıklar oluşmadığı gözlemlenmiştir.

PET liflerinin C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda boyanması ve farklı sürelerde UV işlemi uygulanmasında elde edilen kolorimetrik renk özellik grafikleri Şekil 8.22, Şekil 8.23 ve Şekil 8.24' de verilmiştir.

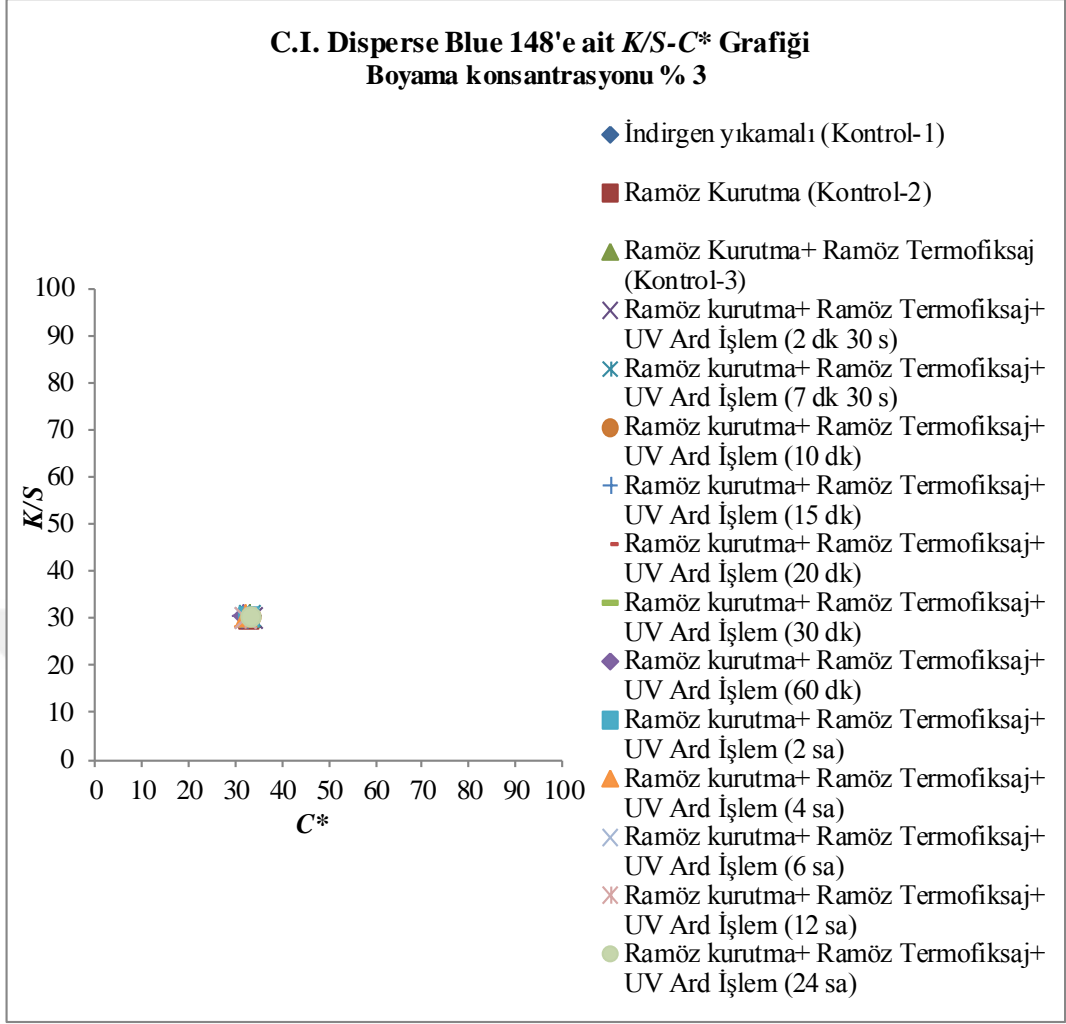


**Şekil 8.22:** C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait  $a^*-b^*$  grafiği

Şekil 8.22 grafiğine göre, C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve farklı sürelerde UV işlemi uygulanmış bütün numunelerin  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik)-  $b^*$  (sarılık-mavilik) değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.  $a^*$ - $b^*$  ekseninde  $a^*$  değeri arttıkça daha kırmızı,  $b^*$  değeri azaldıkça daha mavi olarak ifade edilmektedir. C.I. Disperse Blue 148 boyanmış PET liflerinin ölçülen  $a^*$  (kırmızılık)-  $b^*$  (mavilik) değerlerinin yanı sıra  $h^\circ$  açısının  $270^\circ$ 'de daha büyük olması liflerin mavi tonlarda olduğunu da göstermektedir. (Şekil 8.22). Boyalı ve UV işlemine tabi tutulmuş numunelerin  $a^*$ - $b^*$  değerleri görsel gözlem ile uyumludur.



**Şekil 8.23:** C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait  $L^*$ - $C^*$  grafiği



**Şekil 8.24:** C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine farklı sürelerde uygulanan UV işlemleri sonrası PET lifine ait K/S-C\* grafiği

Tüm şekillerden (Şekil 8.22, Şekil 8.23, Şekil 8.24) anlaşılacağı üzere C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 koyulukta boyanmış ve farklı sürelerde UV işlemi uygulanmış numunelerin CIE-LAB kolorimetrik değerleri birbirine çok yakındır. Bu değerler öne çıkan farklı bir trend oluşturmamıştır. Daha önce numunelerin K/S değerleri karşılaştırılmasında olduğu gibi belirgin farklılıklar gözlemlenmemiştir.



## 8.2.2 PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri

PET liflerine konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C’de 120 s kurutma ve 180 °C’de 30 s termofiksaj işlemi uygulanmış ve uygulanan işlemler sonrasında PET liflerinin renk verimleri bir önceki bölümde değerlendirilmiştir. Bu bölümde de konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C’de 120 s kurutma ve 180 °C’de 30 s termofiksaj uygulanan PET liflerinin konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrasındaki yıkama haslık değişimleri değerlendirilmiş ve yıkama haslığı değerleri Tablo 8.9’ da verilmiştir.

**Tablo 8.9:** PET lifine uygulanan konvansiyonel ısı işlemler sonrası yıkama haslığı değerleri

<b>PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj Sonrası Yıkama Haslığı Değerleri</b>							
<b>Uygulanan İşlem</b>		<b>Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105: C06 A1S)</b>					
		<b>Yün</b>	<b>Akrilik</b>	<b>Poliester</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>
<b>C.I. Disperse Blue 148 (Orta)</b>	İndirgen Yıkamalı	5	5	5	5	5	5
	Ramöz Kurutma	5	5	5	4/5	5	5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.9’e bakıldığında; C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış ve indirgen yıkama yapılmış numunenin yıkama haslığı değerleri, gri skala derecelendirmesine göre mutli lifli kumaş üzerinde bulunan bütün lifler için 5 (çok iyi) sonucunu vermiştir. Dispers boyarmaddelerinin multi lifli kumaş üzerindeki naylon 6.6 lifi ve poliester lifine karşı ilgisinin diğer liflere göre biraz daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu yüzden yapılan yorumlamalar daha çok naylon 6.6 liflerinin kirlenme değerleri üzerindedir. Naylon 6.6 lifinden sonra poliester ve multi lifli kumaş üzerindeki diğer liflerin kirlenme değerlerine bakılmaktadır. Konvansiyonel kurutma işlemine tabi tutulan PET liflerine refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 lifinin kirlenme değeri, indirgen yıkama yapılmış numuneye refakat eden multi lifli kumaştaki naylon 6.6 lifinin kirlenme değerine göre 0,25 puan

gerilediği görülmüştür. Termofiksaj işlemi gerçekleştirilmiş numunenin ise indirgen yıkama yapılmış numuneye göre multilifli kumaşta naylon 6.6 lifinin kirlenme değeri 0,50 puan gerilemiştir.

PET liflerine uygulanan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrasındaki yıkama haslık değerlerinde 0-0,75 puan arasında değişimler gözlemlenmiştir.

### 8.2.3 PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri

Konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C'de 120 s kurutma ve 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemi uygulanmış PET liflerinin kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrasındaki sürtme haslığı değerleri Tablo 8.10'da verilmektedir.

**Tablo 8.10:** PET lifine uygulanan konvansiyonel ısıl işlemler sonrası sürtme haslığı değerleri

<b>PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj Sonrası Sürtme Haslığı Değerleri</b>		
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Sürtme Haslığı (ISO 105: X12)</b>	
	<b>C.I. Disperse Blue 148 (Orta)</b>	
	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>
İndirgen Yıkamalı	4/5	4/ <u>5</u>
Ramöz Kurutma	4/5	4/ <u>5</u>
Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj	<u>4</u> /5	4/5
*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/ <u>5</u> ; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).		

C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanan ve konvansiyonel (ramöz) yöntem ile ısıl işleme tabi tutulan numunelerin yaş ve kuru sürtme haslık değerleri arasındaki değişimin 0,25 puan olduğu gözlemlenmektedir. Konvansiyonel (ramöz) metot ile gerçekleştirilen kurutma işlemi sonrası boyalı PET liflerinin yaş ve kuru sürtme haslık değerleri, indirgen yıkama yapılmış boyalı PET liflerinin yaş ve kuru sürtme haslık değerlerine göre değişmediği gözlemlenmiştir. Konvansiyonel (ramöz) metot ile termofiksaj işlemi gerçekleştirilmiş boyalı PET liflerinin yaş ve kuru

sürtme haslık değerleri, indirgen yıkama yapılmış boyalı PET liflerinin yaş ve kuru sürtme haslığı değerlerine göre 0,25 puan gerilemiştir.

#### 8.2.4 PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Sonrasında Elde Edilen Süblimasyon Haslığı Değerleri

Konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 110 °C'de 120 s kurutma ve 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemi uygulanmış PET liflerinin kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrası elde edilen süblimasyon haslığı değerleri Tablo 8.11'de verilmektedir.

**Tablo 8.11:** PET lifine uygulanan konvansiyonel ısı işlemler sonrası süblimasyon haslığı değerleri

PET Liflerine Uygulanan Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj Sonrası Süblimasyon Haslığı Değerleri							
Uygulanan İşlem		Süblimasyon Haslığı Değerleri (EN ISO 105-X11)					
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat
C.I. Disperse Blue 148 (Orta)	İndirgen Yıkamalı	4	4	2/3	3	3/4	3/4
	Ramöz Kurutma	3/4	4	2/3	3	3/4	3/4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj	3/4	3/4	2/3	2/3	3/4	3/4
*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).							

C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanan ve konvansiyonel (ramöz) yöntem ile ısı işleme tabi tutulan numunelerin süblimasyon haslıkları 2/3-4 aralığında değişen değerler seğılemiştir. İndirgen yıkama yapılmış numunelerin multi lifli kumaşta özellikle naylon 6.6 ve poliester liflerinin kirlenme değerlerinin sırasıyla 3 ve 2/3 olduğu görülmekte ve kurutma işlemi sonrası bu değerlerin değişmediği gözlemlenmektedir. Termofiksaj işlemi yapılmış PET lifinin multi lifli kumaşta özellikle naylon 6.6 ve poliester liflerinin kirlenme değerlerinin, indirgen yıkama yapılmış numunelere göre 0,25 puan gerilediği görülmektedir.

C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış PET liflerinin fazla ısıya maruz kalması boyarmadde moleküllerinin yüksek kinetik enerjiye ulaşmasına, boyarmaddenin lif içerisinden lif yüzeyine doğru hareket etmesine ve lif içerisinden

kolayca çıkıp süblime olmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle PET liflerinin süblimasyon haslıkları orta değerlerde seyretmektedir. Ayrıca dispers boyarmaddelerin naylon 6.6 ve poliester liflerine ilgisi olması bu liflerin multi lifli kumaş içerisinde daha çok kirlendiği göstermektedir.

### **8.2.5 Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Yıkama Haslığı Değerleri**

Boyama ve konvansiyonel metot (ramöz makinesinde) ile gerçekleştirilen kurutma (110 °C'de 120 s) ve termofiksaj (180 °C'de 30 s) işlemleri sonrası, PET liflerine farklı sürelerde uygulanan UV işlemlerine ait renk özelliklerinin birbirine yakın değerler sergilediği daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Fakat konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ışıl fiksaj) işlemi görmüş boyalı PET liflerine uygulanan optimum UV işlem süresini belirlemek ve daha etkin değerlenme yapabilmek için renk özelliklerinin yanında renk haslığı değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Bu bölümde geleneksel kurutma ve termofiksaj işlem uygulandıktan sonra karşılaşılabilen olası renk haslığı düşüşlerini azaltma ve/veya ortadan kaldırma yani renk haslığı değerlerini geliştirebilme amacıyla boyanmış, indirgen yıkanmış, kurutulmuş ve ışıl fiksaj işlemine maruz bırakılmış poliester kumaşlara farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa, 24 sa) UV radyasyonu uygulanmış ve uygulanan UV işleminin yıkama haslıkları üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

**Tablo 8.12:** Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası yıkama haslığı değerleri

Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Farklı Sürelerde Uygulanan UV İşlemi Sonrası Yıkama Haslığı Değerleri							
Uygulanan İşlem		Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105: C06 AIS)					
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat
C.I. Disperse Blue 148 (Orta)- Boyama Konsantrasyonu % 3	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj (Kontrol)	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
	Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 dk 30 s)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (7 dk 30 s)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (10 dk)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (15 dk)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (20 dk)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (30 dk)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (60 dk)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 sa)	4/5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	4/5	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (4 sa)	<u>4/5</u>	5	4/5	4/5	<u>4/5</u>	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (6 sa)	<u>4/5</u>	5	4/5	4/5	<u>4/5</u>	4/5
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (12 sa)	<u>4/5</u>	5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	5	<u>4/5</u>
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (24 sa)	<u>4/5</u>	5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	5	<u>4/5</u>

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemi görmüş boyalı PET liflerine farklı sürelerde uygulanan UV işlemi sonrası yıkama haslık değerlerinin 4/5- 5 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Farklı sürelerde uygulanan

UV işlemleri sonrası konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerinin yıkama haslık değerlerinin, kontrol numunesinin yıkama haslık değerine göre 0,25-0,75 puan arasında iyileşmeler gösterdiği görülmektedir (Tablo 8.12).

2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk ve 2 sa boyunca UV işleme tabi tutulmuş konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET numunelerinin yıkama haslık değerleri incelendiğinde, multi lifli kumaşta naylon 6.6 lifinin kirlenme değerlerindeki değişimin, kontrol numunesi ile benzer olduğu, poliester lifinin kirlenme değerinin ise 0,25 puan iyileştiği görülmektedir. 4 sa ve 6 sa UV işleme tabi tutulan numunelerin yıkama haslıkları değerlendirildiğinde; multi lifli kumaştaki naylon 6.6 lifinin kirlenme değerlerinin, kontrol numunesine göre 0,25 puan iyileştiği, poliester lifinin kirlenme değerinin ise 4 ve 6 saatten daha az sürelerde gerçekleştirilen UV işlemlerinin kirlenme değerleri ile benzer olduğu fakat kontrol numunesine göre 0,25 iyileştiği görülmektedir.

12 sa ve 24 sa UV işleme tabi tutulan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerinin yıkama haslık değerleri incelendiğinde ise, multi lifli kumaşta akrilik ve pamuk liflerinin 5 çok iyi değer gösterdiği, naylon 6.6, poliester, asetat ve yün liflerinin 4,75 yani 5'e çok yakın kirlenme değerleri gösterdiği görülmektedir. 12 sa ve 24 sa UV işlemleri görmüş konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET numunelerinin, daha az sürelerde UV işlemleri görmüş numunelere ve ramöz kurutma-termofiksaj işlemleri görmüş numunelere kıyasla biraz daha yüksek yıkama haslığı değerleri sergilediği görülmektedir.

### **8.2.6 Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşleminin Sonucunda Elde Edilen Sürtme Haslığı Değerleri**

Genellikle dispers boyarmaddeler ile boyanmış poliester liflerine ısıfiksaj (kurutma, termofiksaj) uygulaması sırasında lif içine difüzyon etmiş bazı dispers boyarmaddelerin lif yüzeyine termal migrasyon (termal göç) yoluyla göç etmesi

sonucunda renk haslığı değerlerinin dűşmesi bilinen bir olaydır. Bu bölümde poliester lifli kumaşların renk haslığı değerlerini geliştirebilme amacıyla 130 °C’de 45 dk HT şartlarında boyanmış, indirgen yıkama yapılmış, 110 °C’de 120 s ramöz kurutma ve 180 °C’de 30 s termofiksaj işlemine maruz bırakılmış poliester lifli örme kumaşlara farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa, 24 sa) UV radyasyonu uygulanmış ve uygulanan UV işleminin sürtme haslıkları üzerindeki etkinliği incelenmiştir. PET liflerine farklı sürelerde uygulanan UV işleminin sonrası yaş ve kuru sürtme haslıkları bu bölümde değerlendirilmiştir.

**Tablo 8.13:** Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası sürtme haslığı değerleri

Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Farklı Sürelerde Uygulanan UV İşlemi Sonrası PET Liflerine Ait Sürtme Haslığı Değerleri		
Uygulanan İşlem	Sürtme Haslığı (ISO 105: X12)	
	C.I. Disperse Blue 148 (Orta)	
	Boyama Konsantrasyonu % 3	
	Yaş	Kuru
Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj (Kontrol)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem(2 dk 30 s)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem(7 dk 30 s)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (10 dk)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (15 dk)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (20 dk)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (30 dk)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (60 dk)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 sa)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (4 sa)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (6 sa)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (12 sa)	4/5	4/5
Ramöz kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (24 sa)	4/5	4/5

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5; yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.13'e göre UV işlemleri uygulanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıf fiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerinin yaş ve kuru sürtme haslığı değeri incelendiğinde; konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıf fiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerinin UV işlemleri sonrası sürtme haslığı kirlenme değeri genellikle iyi seviyelerde olduğu görülmektedir.

24 sa UV işlemleri görmüş numunenin yaş sürtme haslık değeri, ramöz kurutma ve termofiksaj işlemleri görmüş fakat UV işlemleri maruz bırakılmamış kontrol numunesinin yaş sürtme haslık değeri göre 0,25 puan iyileşme göstermektedir. 24 saatten daha az süre ile UV işlemleri tabi tutulan numunelerin yaş sürtme haslık değeri 4/5 olduğu ve ramöz kurutma-termofiksaj işlemleri görmüş fakat UV işlemleri maruz bırakılmamış kontrol numunesinin yaş sürtme haslık değeri ile benzer değeri gösterdiği görülmektedir. UV işlemleri uygulanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıf fiksaj) işlemleri görmüş boyalı numunelerin kuru sürtme haslık değeri ise gri skala derecelendirmesine göre 4/5 olarak okunmakta ve ramöz kurutma-termofiksaj işlemleri görmüş fakat UV işlemleri maruz bırakılmamış kontrol numunesinin kuru sürtme haslık değeri göre farklılık göstermemektedir. C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıf fiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerine uygulanan UV işlemleri süresinin artması numunelerin kuru sürtme haslık değeri herhangisi bir farklılık oluşturmamıştır.

### **8.2.7 Konvansiyonel (Ramöz) Kurutma ve Termofiksaj İşlemleri Görmüş PET Liflerine Uygulanan Ultraviyole (UV) İşlemleri Sonucunda Elde Edilen Süblimasyon Haslığı Değeri**

Konvansiyonel (ramöz) yöntem ile kurutma ve termofiksaj (ısıf fiksaj) işlemleri görmüş boyalı PET liflerine uygulanan UV işlemleri sonrası yıkama ve sürtme haslık değeri birbirine yakın olduğu, 12 ve 24 sa boyunca UV işlemleri tabi tutulan numunelerin haslıklarının biraz daha iyi değeri ortaya koyduğu bir önceki bölümlerde bahsedilmişti. Bu bölümde de C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama ve geleneksel indirgen yıkama işlemleri sonrası, ramöz vasıtasıyla 110 °C'de 120 s konvansiyonel kurutma ve 180 °C'de 30 s



konvansiyonel ısıt işlemleri (termofiksaj) görmüş PET liflerine farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa, 24 sa) UV radyasyonu uygulanmış ve uygulanan UV işleminin süblimasyon haslıkları üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

**Tablo 8.14:** Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj işlemi görmüş PET lifine uygulanan UV işlemleri sonrası süblimasyon haslığı değerleri

Konvansiyonel (Ramöz) Kurtuma ve Termofiksaj İşlemi Görmüş PET Liflerine Farklı Sürelerde Uygulanan UV İşlemi Sonrası PET Liflerine Ait Süblimasyon Haslığı Değerleri							
Uygulanan İşlem		Süblimasyon Haslığı Değerleri (EN ISO 105-X11)					
		Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat
C.I. Disperse Blue 148 (Orta) - Boyama Konsantrasyonu % 3	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj	<u>3</u> /4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	<u>3</u> /4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 dk 30 s)	<u>3</u> /4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (7 dk 30 s)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (10 dk)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (15 dk)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (20 dk)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (30 dk)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (60 dk)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (2 sa)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>2</u> / <u>3</u>	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (4 sa)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	3	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (6 sa)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	3	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (12 sa)	3/4	3/ <u>4</u>	<u>2</u> /3	<u>3</u> /4	3/4	<u>3</u> /4
	Ramöz Kurutma+ Ramöz Termofiksaj+ UV Ard İşlem (24 sa)	<u>3</u> / <u>4</u>	4	<u>2</u> / <u>3</u>	<u>3</u> /4	<u>3</u> / <u>4</u>	3/4

\*Haslık değerinin altı çizgili olan sayıya yaklaşık olarak 0.25 farkla daha yakın olduğunu göstermektedir (4/5: yaklaşık 4.75 olarak değerlendirilmiştir).

Tablo 8.14'e göre C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 koyulukta gerçekleştirilen boyama işlemi sonrası UV işlemi uygulanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemi görmüş PET liflerinin süblimasyon haslıkları 2/3-4 gri skala derecelendirmesi arasında değerler seğılemektedir. Multi lifli kumaşta en düşük süblime haslığı değerlerini naylon 6.6 ve poliester lifleri vermektedir. Lifler ısıya maruz bırakıldığında, yüksek ısının etkisi ile liflerin içerisindeki boyarmaddenin kinetik enerjisi artmakta ve lif içerisindeki bazı boyarmaddeler lifin yüzeyine doğru hareket etmekte ve lif içerisinden kolayca çıkmakta ve bir miktarda havaya süblime olabilmektedir. PET liflerinin dispers boyarmaddeler ile boyanabilir olduğu ve dispers boyarmaddelerin naylon ve poliester liflerine ilgisinin fazla olduğu bilinmektedir. Bu yüzden süblimasyon haslığı verilerinin değerlendirilmesi sırasında multi lifli kumaşta naylon 6.6 ve poliester liflerinin kirlenme değerleri üzerinde daha fazla durulmuştur.

2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk ve 2 sa boyunca UV işlemine tabi tutulmuş C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda boyanmış, konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemi görmüş PET numunelerinin süblimasyon haslık değerleri incelendiğinde, multi lifli kumaşta naylon 6.6 lifinin kirlenme değerlerindeki değışimin, kontrol numunesi ile benzer olduğu görölmektedir. 4 sa ve 6 sa UV işlemine tabi tutulan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemi görmüş numunelerin süblimasyon haslıkları değerlendirildiğinde; multi lifli kumaştaki naylon 6.6 lifinin kirlenme değerlerinin, kontrol numunesine göre 0,25 puan iyileştiğı gözlenmiştir. 12 sa ve 24 sa UV işlemi uygulanan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıfiksaj) işlemi görmüş PET numunelerinin süblimasyon haslığı değerlerinin, daha az sürelerde UV işlemi görmüş numunelere ve ramöz kurutma-termofiksaj işlemi görmüş fakat UV işlemine maruz bırakılmamış kontrol numunesine kıyasla ortalama 0,25-0,50 puan iyileşme sağladığı görölmektedir.

## 9. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez kapsamında iki farklı çalışma gerçekleştirilmiş ve çalışmaların birincisinde % 100 PA 6.6 liflerinden üretilmiş kumaşlara, farklı molekül büyüklüklerinde ve iki farklı boyama konsantrasyonunda boyamalar yapılmış ve konvansiyonel (ramöz) kurutma yönteminin yanı sıra inovatif ve sürdürülebilir teknolojilerden olan mikrodalga ve liyofilizasyon (dondurarak kurutma) teknikleri ile kurutma ve kurutma işlemleri sonrası konvansiyonel (ramöz) yöntem ile termofiksaj işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Bu sayede boyanmış PA 6.6 lifli kumaşlarda ısı işlem sonucu yaşanması beklenen termal migrasyonun azaltılması sonucunda renk haslık değerlerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Mikrodalga ve liyofilizasyon teknikleri ile kurutulan ve konvansiyonel ramöz yöntemiyle termofiksajı sağlanan poliamid lifli örme kumaş numunelerinin kolorimetrik özellikleri ölçülmüş, renk verimlilikleri incelenmiş ve yıkama, sürtme haslıkları saptanmıştır.

C.I. Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında HT şartlarında 120 °C'de 40 dk boyanmış, ramözde 110 °C'de 120 s, mikrodalgada 900 W gücünde 205 s, liyofilizatörde (dondurarak kurutma makinesi) -50°C'de 3 sa kurutma ve konvansiyonel (ramöz) yöntem ile 180 °C'de 30 s termofiksaj işlemi uygulanmış PA 6.6 liflerinin kurutma-termofiksaj işlemleri sonrasında renk kuvveti (*K/S*) değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durum mikrodalga ve liyofilizasyon teknikleri ile gerçekleştirilen kurutma işlemlerinin, ramöz kurutma işlemine göre renk verimliliği bakımından öne çıkan farklılıklar oluşturmadığını göstermektedir. Aynı şekilde boyanmış ve ısı işlem uygulanmış PA 6.6 liflerinin CIE-LAB kolorimetrik değerleri de birbirine çok yakındır. Üç farklı molekül büyüklüğüne sahip boyarmadde ile iki farklı boyama konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyama işlemleri sonrasında uygulanan inovatif kurutma tekniklerinin birbirleri ile benzer oranlarda benzer değerler sergilediği ve renk

özellikleri bakımından gözlemlenebilir belirgin bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir.

Boyalı PA 6.6 numunelerinin kurutma ve termofiksaj işlemleri sonrası yıkama haslık değerleri incelendiğinde, hem uygulanan boyarmadde bazında hemde uygulanan ısı işlem teknikleri bakımında belirgin farklılıklar gözlemlenmemiştir. PA 6.6 lifleri C.I.Disperse Red 167.1, C.I.Disperse Red 73, C.I.Disperse Red 65 ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında boyandıktan sonra, life difüze olmamış ve liflerin yüzeyindeki boyarmaddeler, indirgen yıkama yoluyla belirli bir miktarda lif yüzeyinden uzaklaştırılmış ve bu durum ölçülen yıkama haslığı değerlerine yansımıştır. Boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj metodlarının, lifin iç kısmından lifin yüzeyine boya göçünü (geçişini) teşvik ederek, yıkama haslıklarında ortalama 0,25-1 puan arasında gerilimeye neden olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan mikrodalga ve dondurarak kurutma ve akabinde ramöz termofiksaj işlemleri sonrasında elde edilen yıkama haslığı değerlerinin ramöz kurutma ve ramöz termofiksaj işlemi görmüş numunelerin yıkama haslık değerleri ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durumda C.I. Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65 ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonunda boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan mikrodalga ve dondurarak kurutma metodlarının konvansiyonel metoda (ramöz) göre yıkama haslıkları üzerine belirgin farklılıklar oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Sürtme haslıkları bakımından değerlendirildiğinde, C.I. Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65 ile % 0,5 ve % 4 boyama konsantrasyonlarında boyanan ve ramöz, mikrodalga, dondurarak kurutma-ramöz termofiksaj işlemi görmüş PA 6.6 liflerine ait kuru sürtme haslıklarının gri skala derecelendirmesine göre 4 veya üzerinde olduğu ve uygulanan ramöz, mikrodalga ve dondurarak kurutma metodlarının kuru sürtme haslıklarının ticari olarak kabul edilebilir değerler sergilediği gözlemlenmiştir. Her iki boyama konsantrasyonunda, üç farklı boyarmadde ile boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan mikrodalga ve dondurarak kurutma ve ramöz termofiksaj işlemleri sonrası elde edilen yaş ve kuru sürtme haslık değerleri, ramöz kurutma-ramöz termofiksaj işlemi sonrası elde edilen yaş ve kuru sürtme haslık değerleri ile aynı değerleri sergilemiştir. Bu durumda elde edilen sürtme haslığı sonuçları da göstermektedir ki PA 6.6 liflerine termal migrasyonu minimize etmek ve haslıkları iyileştirmek üzere uygulanan mikrodalga ve liyofilizasyon yöntemleri

ramöz kurutmaya göre belirgin farklılıklar oluşturmamıştır. Genel olarak, üç farklı boyarmadde (C.I. Disperse Red 167.1, C.I. Disperse Red 73, C.I. Disperse Red 65) ile iki farklı boyama konsantrasyonunda (% 0,5 ve % 4) boyanmış PA 6.6 liflerine uygulanan, inovatif ve sürdürülebilir teknikler olarak görülen mikrodalga ve dondurarak kurutma ve kurutma işlemleri sonrası gerçekleştirilen ramöz termofiksaj metotlarının konvansiyonel (ramöz) metot ile gerçekleştirilen kurutma ve termofiksaj işlemine göre termal migrasyonun minimize edilmesinde ve haslıkların iyileştirilmesinde bir avantaj sağlamadığı gibi bir dezavantaj da oluşturmadığı görülmektedir.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen ikinci çalışmada ise % 100 PET liflerinden üretilmiş örme kumaşlara orta molekül büyüklüğüne sahip C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 boyama konsantrasyonunda 130 °C'de 45dk HT şartlarında boyama yapılmıştır. Boyama işlemi sonrasında boyalı kumaşlara geleneksel indirgen yıkama işlemi yapılmıştır. İndirgen yıkaması yapılmış dispers boyalı PET lifli örme kumaşlara ramöz vasıtasıyla 110 °C'de 120 s konvansiyonel kurutma (yaş işlemden çıkmış kumaşları kurutmak için kullanılır) ve 180 °C'de 30 s konvansiyonel ısı işlem (termofiksaj: genellikle kumaşlarda boyutsal stabilite sağlamak ya da kumaşlara bitim işlem kimyasalının fikse edilmesi için uygulanır.) uygulanmıştır. Bu tip ısı işlemlerin (geleneksel kurutma ve termofiksaj işlemleri) uygulanması sırasında lif içine difüz etmiş bazı dispers boyarmaddelerin lif yüzeyine termal migrasyon (termal göç) yoluyla göç etmesi sonucunda renk haslığı değerlerinin düşmesi bilinen bir olaydır. Geleneksel kurutma ve termofiksaj işlemi uygulandıktan sonra karşılaşılabilen olası renk haslığı düşüşlerini azaltma ve/veya ortadan kaldırma yani renk haslığı değerlerini geliştirebilme amacıyla boyanmış, indirgen yıkanmış, kurutulmuş ve ısı fiksaj işlemine maruz bırakılmış poliester kumaşlara farklı sürelerde (2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa, 12 sa, 24 sa) UV radyasyonu uygulanmış ve uygulanan UV işleminin renk haslıkları üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla, farklı sürelerde UV işlemine tabi tutulan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısı fiksaj) işlemi görmüş boyanmış PET kumaşlarının renk değerleri ölçülmüş, renk verimlilikleri incelenmiş ve yıkama, süblimasyon, sürtme haslıkları değerlendirilmiştir.

C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile % 3 koyulukta boyanmış ve farklı sürelerde UV işlemi uygulanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET liflerinin renk kuvvetleri (K/S) değerlerinin bir birine yakın olduğu ve genellikle 29,2 ile 31,6 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET liflerine farklı sürelerde uygulanmış UV işlemleri, PET lifinin kolorimetrik renk özellik ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ) değerleri arasında öne çıkan belirgin farklılıklar oluşturmamıştır. UV işlemi uygulanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET liflerine ait yıkama ve sürtme haslık değerleri gri skala derecelendirmesine göre 4 değerinin üzerinde çıkmıştır. PET liflerinin boyama sonrası konvansiyonel metod ile uygulanan kurutma ve termofiksaj işlemi sırasında yüksek ısının etkisi ile lif içerisindeki boyarmadde moleküllerinin bir kısmının lif yüzeyine hareket ettiği ve süblime olabildiği bilinmektedir. Bu çalışmada ki en iyi süblimasyon haslığı değerlerinin konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş ve 12 sa ve 24 sa boyunca UV işlemi uygulanmış PET lifli kumaşlarda olduğu saptanmıştır.

2 dk 30 s, 7 dk 30 s, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 60 dk, 2 sa, 4 sa, 6 sa gibi sürelerde UV işlemi uygulanmış C.I. Disperse Blue 148 boyarmaddesi ile boyanmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET liflerinin haslık değerleri indirgen yıkama yapılmış kontrol numunesi ile benzer seviyelerde kalmıştır. Konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş, 12 sa ve 24 sa boyunca UV ışınımına mağruz kalmış PET numunelerinin renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ) değerleri diğer sürelerde UV işlemi uygulanan konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET liflerinin renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ) değerlerine çok yakın değerler sergilemiştir. 12 sa ve 24 sa UV ışınımına mağruz kalmış konvansiyonel (ramöz) kurutma ve termofiksaj (ısıl fiksaj) işlemi görmüş PET numunelerinin haslık değerleri incelendiğinde haslıkların iyileştirilmesi ve termal migrasyonun minimize edilmesinde etkili değerler verdiği görülmüştür. Sonuç olarak, genel olarak haslık değerleri incelendiğinde, ısıl işlemler nedeniyle ortaya çıkan termal migrasyonun renk haslıkları üzerine olumsuz etkisinin minimize edilmesi ve neticesinde haslıkların iyileştirilmesi için, boyanmış, indirgen yıkanmış, kurutulmuş ve ısıl fiksaj

işlemine maruz bırakılmış poliester kumaşlara 12 sa ve 24 sa boyunca uygulanan ultraviyole işlemlerinin haslıklarda bir miktar gelişme sağladığı saptanmıştır.



## 10. KAYNAKLAR

Abdelwahed, W., Degobert, G., Stainmesse, S. and Fessi, H., “Freeze-drying of nanoparticles: formulation, process and storage considerations”, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 58(15), 1688-1713, (2006).

Alagirusamy, R. and Das, A. (Eds.), “*Technical textile yarns*”, Cambridge: Elsevier Woodhead publishing, 3-586, (2010).

Altun, S. ve Ulcay, Y., “Improvement of waste recycling in PET fiber production”, *Journal of Polymers and the Environment*, 12(4), 231-237, (2004).

Aniş, P., “*Tekstil ön terbiyesi*”, İstanbul: Aktüel Yayınları, (2005).

Aspland, J. R., “Disperse dyes and their application to polyester”, *Textile Chemist and Colorist*, 24(12), 18-22, (1992).

Aspland, J. R., “*Textile dyeing and coloration*”. USA: AATCC, 1-401, (1997).

Attwood, D. and Sakdinawat, A., “X-rays and extreme ultraviolet radiation: principles and applications”, United Kingdom: Cambridge university press, 1-448, (2017).

Avinc, O. “Clearing of dyed poly (lactic acid) fabrics under acidic and alkaline conditions”, *Textile Research Journal*, 81(10), 1049-1074, (2011).

Avinc, O. and Khoddami, A., “Overview of poly (lactic acid)(PLA) fibre”. *Fibre Chemistry*, 42(1), 68-78, (2010).

Avinc, O., Phillips, D. and Wilding, M., “Influence of different finishing conditions on the wet fastness of selected disperse dyes on polylactic acid fabrics”, *Coloration Technology*, 125(5), 288-295, (2009).



Bakan, E., Karcı, F. and Avinc, O., “Synthetic fiber dyeing with new pyrazole disperse dyes and their colorimetric and fastness properties”, *Fibers and Polymers*, 19(3), 670-681, (2018).

Balci, O., “New approaches for reductive washing of polyester knitted fabrics”, *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 21(1), 42-49, (2011).

Bernstein, R., Derzon, D. K. and Gillen, K. T., “Nylon 6.6 accelerated aging studies: thermal–oxidative degradation and its interaction with hydrolysis”, *Polymer Degradation and Stability*, 88(3), 480-488, (2005).

Broadbent A.D., “*Basic principles of textile coloration*”, West Yorkshire, England: Society of Dyers and Colourists, 1-578, (2001).

Bunsell, A. R. (Ed.), “*Handbook of tensile properties of textile and technical fibres*”, Oxford: Woodhead Publishing, 1-651, (2009).

Cay, A., Tarakçioğlu, I. and Hepbasli, A., “Exergetic performance assessment of a stenter system in a textile finishing mill”, *International Journal of Energy Research*, 31(13), 1251-1265, (2007).

Chan, C. H. and Thomas, S., “Poly (trimethylene terephthalate)–the new generation of engineering thermoplastic polyester”, (ed: Uredil Hosam El-Din M. Saleh), *Polyester*, 25, Rijeka: InTech, 1-203, (2012).

Çoban, S., “*Genel tekstil terbiyesi ve bitim işlemleri*”, İzmir: E.Ü. Tekstil Ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, (1999).

Decker, C., “Photoinitiated crosslinking polymerisation”, *Progress in polymer science*, 21(4), 593-650, (1996).

Decker, C., “UV-radiation curing chemistry”, *Pigment and resin technology*, 30(5), 278-286, (2001).

Delaney, M. J. and Seltzer, I., “Microwave heating for fixation of pad-dyeings on wool”. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 88(2), 55-59, (1972).

Deopura B.L, Alagirusamy R, Joshi M. and Gupta B. “*Polyester and polyamides*”, Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 1-632, (2008).

Diffey B. L., “Sources and measurement of ultraviolet radiation”, *Methods*, 28(1), 4-13, (2002).

Doğan, B. ve Gürsoy G., “Polyamid & Naylon 6,6 sentezi”, (08.12.2019) <https://bektasdogan.files.wordpress.com/2016/03/nylon-66-ppt.pdf>, (2016).

Donmaz, P., “Poliester materyallerin termofiksajı”, *Tekstil ve Mühendis*, 5(29), 274-279, (1991).

Erbay, B. ve Küçüköner, E., “Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri”. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum, 1045-1048, (2008).

Eren, S., “Photocatalytic clearing of disperse dyed polyester”, *AATCC Journal of Research*, 6(5), 10-15, (2019).

Eren, S., “Photocatalytic hydrogen peroxide bleaching of cotton”, *Cellulose*, 25(6), 3679-3689, (2018).

Felsing, S., “Microplastics in freshwater systems: origin, fate and impact: a methodological research work”, Doctoral dissertation, *Rostock Universität*, Rostock, 1-53, (2018).

Glaze, W. H., Kang, J. W. and Chapin, D. H., “The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation”, *The Journal of the International Ozone Association*, 9(4), 335-352, (1987).

Güçer H., “Tekstil terbiye işlemlerine giriş”, (14.12.2019), <https://docplayer.biz.tr/19425781-1-tekstil-terbiye-islemlerine-giris.html>, (2016).

Gümüşderelioğlu, M. ve Kaynak, G., “Mikrodalgalar ve uygulamaları”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 38-42, (2012).

Güngör, A. ve Özbalta, N., “Endüstriyel kurutma sistemleri”, *III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 14, Büyük Efes Oteli, İzmir, 737-747, (1997).

Haghi, A. K., “Thermal analysis of drying process”, *Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry*, 74(3), 827-842, (2003).

Hao-ran, G. U. I., “Effects of thermal migration of disperse dyes on dyeing quality”, *Dyeing and Finishing*, 10, (2003).

Hearle, J. W. and Morton, W. E., “*Physical properties of textile fibres*”, Cambridge: Woodhead Publishing, 1-758, (2008).

Houck, M., Huff, R., Lowe, P. and Menold, R., “Poly (trimethylene terephthalate): a “new” type of polyester fibre”, *Forensic Science Communications*, 3(3), 217-221, (2001).

Hussain, T., Tausif, M. and Ashraf, M., “A review of progress in the dyeing of eco-friendly aliphatic polyester-based polylactic acid fabrics”, *Journal of Cleaner Production*, 108, 476-483, (2015).

Hwo C., Forschner T., Lowtan R., Gwyn D. and Criste B., “Poly(trimethylene phthalates or naphthalate) and copolymers: new opportunities in film and packaging applications”, *Future-Pak® 98 Conference*, Chicago, (1998).

Imada, K., Yamamoto, Y. O. U. S. U. K. E. and Yabushita, S. I., “Wetfastness of disperse dyes on polyester microfiber”, *Textile Chemist and Colorist*, 29(11), 14-17, (1997).

Jamshidian, M., Tehrany, E. A., Imran, M., Jacquot, M. and Desobry, S., “Poly-Lactic Acid: production, applications, nanocomposites, and release studies”, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(5), 552-571, (2010).

Jang J. and Jeong Y., “Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O3 irradiation”, *Dyes and Pigments*, 69(3), 137-143, (2006).

Kalebek, N. A. and Babaarslan, O., “Fiber selection for the production of nonwovens”, (Ed: H. Y. Jeon), *Non-woven Fabrics*, Croatia: InTech, 1-32, (2016).

Karagül, M. S. ve Altuntaş, B., “Liyofilizasyon: genel proses değerlendirmesi”, *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 29(1), 62-69, (2018).

Karahan, H. A., Demir, A., Özdoğan, E., Öktem, T. and Seventekin, N., “Some methods used for the surface modification of textiles”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(4), 248-255, (2007).

Kim, S. D., Kim, M. J., Lee, B. S. and Lee, K. S., “Effects of thermomigration on the washfastness of disperse dyes having different molecular size,” *Fibers and Polymers*, 5(1), 39-43, (2004).

Kim, S. S., Leem, S. G., Do Ghim, H., Kim, J. H. and Lyoo, W. S., “Microwave heat dyeing of polyester fabric”, *Fibers and Polymers*, 4(4), 204-209, (2003).

Kim T. K., Son Y.A. and Lim Y.J., “Thermodynamic parameters of disperse Dyeing on several polyester fibers having different molecular structures”, *Dyes and Pigments* 67(3), 229-234, (2005).

Li, S., Boyter, H., Stewart, N., “Ultraviolet (UV) curing processes for textile coloration”, *AATCC review*, 4(8), 44-49, (2004).

Madronich, S., Mckenzie, R. L., Björn, L. O. and Caldwell, M. M., “Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface”, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 46(1-3), 5-19 (1998).

Malyer, C., Liyofilizasyon/ freze drying nedir?, (08.12.2019), <https://www.arifmalyer.com.tr/liyofilizasyon-freeze-drying-nedir/>, (2018).

Meryman, H. T., “Historical recollections of freeze-drying”, *Developments in Biological Standardization*, 36, 29-32, (1976).

Millington, K. R., “The use of ultraviolet radiation in an adsorbable organohalogen-free print preparation for wool and in wool dyeing: the Siroflash process”, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 114(10), 286-292, (1998).

Morris, K. and Seifert, B. L., “Conservation of leather and textiles from the Defence”, *Journal of the American Institute for Conservation*, 18(1), 33-43, (1978).

Mozes, E., Cornelissen, R. L., Hirs, G. G. and Boom, R. M., “Exergy analysis of the conventional textile washing process”, *Energy Conversion and Management*, 39(16-18), 1835-1843, (1998).

Mutlu, B., Şen, O. ve Toros, H., “Ultraviole radyasyonun insan sağlığı üzerine etkileri”, (Eds: O. Şen, L. Şaylan, K. Koçak ve H. Toros), *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 84-89, (2003).

Mutsuga, M., Kawamura, Y. and Tanamoto, K., “Migration of lactic acid, lactide and oligomers from polylactide food-contact materials”, *Food Additives and Contaminants*, 25(10), 1283-1290, (2008).

Oğulata, R. T., Kadem, F. D. ve Erdem, K. O. Ç., “Tekstilde kurutma yöntem ve makinaları”, 1-2, *IV. National Installation Engineering Congress and Exhibition*, Büyük Efes Oteli Convention Center, İzmir, 803-810, (1999).

Oktay, Z. and Hepbasli, A., “Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer”, *Energy Conversion and Management*, 44(8), 1193-1207, (2003).

Öner, E., Büyükkakinci, Y., and Sökmen, N., “Microwave-assisted dyeing of poly (butylene terephthalate) fabrics with disperse dyes”, *Coloration Technology*, 129(2), 125-130, (2013).

Özdil, N., Telli, A., “Properties of the yarns produced from r-pet fibers and their blends”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(1), 3-10, (2013).

Özerdem, A., Tarakçioğlu, I. ve Özgüney, A., “Mikrodalga enerjisinin reaktif Baskılı pamuklu kumaşların fiksajında kullanılabilirliği”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(4), 289-296, (2008).

Parvinzadeh, M., Assefipour, R. and Kiumarsi, A., “Biohydrolysis of nylon 6,6 fiber with different proteolytic enzymes”, *Polymer Degradation and Stability*, 94(8), 1197-1205, (2009).

Peacock, E. E., “A note on the effect of multiple freeze-thaw treatment on natural fibre fabrics”, *Studies in conservation*, 44(1), 12-18, (1999).

Pendergrass, J. E., Hatcher, J. D. and Lyons, D. W., “Deposition of finishes and dyes in materials dried using microwave heating”, *Journal of Microwave Power*, 7(3), 207-213, (1972).

Perincek, S.D., Duran, K., Körlü, A. E. ve Bahtiyari, M. İ., “Ultraviolet technology”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(4), 219-223, (2007).

Perkins, W., S., “Functional finishes and high performance textiles”, *Textile Chemists and Colorists and American Dyestuff Reporter*, 32(4), 24-27, (2000).

Phillips, D., Suesat, J., Wilding, M., Farrington, D., Sandukas, S., Bone, J. and Dervan, S., “Effect of heat setting on dimensional stability and dyeing properties of poly (lactic acid) fibres”, *Coloration Technology*, 119(3), 128-133, (2003).

Phillips, D., Suesat, J., Taylor, J. A., Wilding, M., Farrington, D., Bone, J. and Dervan, S., “Thermal migration of selected disperse dyes on poly (ethylene terephthalate) and poly (lactic acid)(Ingeo†) fibres”, *Coloration Technology*, 120(5), 260-264, (2004<sup>b</sup>).

Phillips, D., Suesat, J., Wilding, M., Farrington, D., Sandukas, S., Sawyer, D. and Dervan, S., "Influence of different preparation and dyeing processes on the physical strength of the Ingeo<sup>†</sup> fibre component in an Ingeo fibre/cotton blend. Part 1; Scouring followed by dyeing with disperse and reactive dyes", *Coloration Technology*, 120(1), 35-40 (2004<sup>a</sup>).

Pikal, M. J., Shah, S., Roy, M. L. and Putman, R., "The secondary drying stage of freeze drying: drying kinetics as a function of temperature and chamber pressure", *International Journal Of Pharmaceutics*, 60(3), 203-207, (1990).

Ratti, C., "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review". *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319, (2001).

Reinert, G., Fuso, F., Hilfiker, R. and Schmidt, E., "UV protecting properties of textile fabrics and their improvement", *Textile Chemist and Colorist*, 29(12), 31-43, (1997).

Rivlin, J., "The dyeing of textile fibers: Theory and practice", United States, 1-220, (1992).

Rong-qi, C. H. E. N., "A discussion about the color fastnesses of reactive and disperse dyes, " *Dyestuffs and coloration*, 4, (2004).

Saçak, M., "Lif kimyası", Ankara: A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, 1-142, (1994).

Saravanan, D., "UV protection textile materials", *AUTEX Research Journal*, 7(1), 53-62, (2007).

Seventekin, N., "Aşı polimerizasyonu ile tekstil liflerinin yüzeysel özelliklerinin değiştirilmesi", *Doğa Bilim Dergisi*, 7, 59-70, (1983).

Shen, L., Haufe, J. and Patel, M. K., "Product overview and market projection of emerging bio-based plastics PRO-BIP 2009", *Report for European polysaccharide network of excellence (EPNOE) and European bioplastics*, Utrecht Univesity, Netherlands, 1-226, (2009).

Shin, H., Tokino, S., Ueda, M. and Suzuki, K., “Effect of ultraviolet irradiation on fixation of chitosan on cotton and poly (ethylene telephthalate) fabrics”, *Sen'i Gakkaishi*, 54(8), 400-406, (1998).

Song, W. L., Guan, X. T., Fan, L. Z., Zhao, Y. B., Cao, W. Q., Wang, C. Y. and Cao, M. S., Strong and thermostable polymeric graphene/silica textile for lightweight practical microwave absorption composites. *Carbon*, 100, 109-117. (2016).

Şekkeli, M. ve Keçecioglu, Ö. F., “Scada based an energy saving approach to operation of stenter machine in a textile plant using waste heat recovery system”, *Journal of Textile and Apparel*, 22(3), 248-257, (2012).

Tanji, H., Iwata, M. and Sato, H., “Uniformly dyeable nylon 66 fiber and process for the production thereof ”, U.S. Patent No. 4,542,063, Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, (1985).

Telis, V. R. N. and Sobral, P. J. A., “Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato”, *Food Research International*, 35(5), 435-443, (2002).

Thiele, U. K., “A new polyester for textile applications”, *Polyester Technology Published in: Textile Technology International*, 37-41, (2002).

Uğur, S., “Poliesterin dispers boyarmaddelerle boyama yöntemlerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-120, (2004).

Url\_1, “Freeze drying adviser basics and applications [online]”, (10.12.2019), <https://parsanalitik.com.tr/wp-content/uploads/2018/06/Freeze-Drying-Adviser-for-Freeze-Drying.pdf>, (2018).

Url\_2, “Dyeing and finishing [online]”, (10.12.2019), [https://www.natureworksllc.com/~/\\_media/Files/NatureWorks/Technical-Documents/Fact-Sheets/Fibers/FactSheet\\_Apparel\\_Dyeing\\_Finishing\\_pdf.pdf](https://www.natureworksllc.com/~/_media/Files/NatureWorks/Technical-Documents/Fact-Sheets/Fibers/FactSheet_Apparel_Dyeing_Finishing_pdf.pdf).



Url\_3, “Man-Made Fibers Continue To Grow [online]”, (12.12.2019)  
<https://www.textileworld.com/textile-world/fiber-world/2015/02/man-made-fibers-continue-to-grow/>, (2015).

Url\_4, “Freeze-dry [online]”, (08.12.2019),  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Freeze-drying>, (2019)

Url\_5, “Nylon 66 [online]”, (06.12.2019),  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Nylon\\_66](https://en.wikipedia.org/wiki/Nylon_66), (2019).

Url\_6, “Polyethylene Terephthalate [online]”, (06.12.2019),  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene\\_terephthalate](https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate), (2019).

Url\_7, “Ultraviolet [online]”, (12.05.2019),  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>, (2016).

Url\_8, “Sekizinci beş yıllık kalkınma planı: kimya sanayi özel ihtisasraporu, yeni malzeme alt komisyonu raporu [online]”, (10.12.2019),  
<http://ekutupdpt.gov.tr/imalatsa/kimya/oik602pdf.>, Ankara, (2001).

Vadivambal R. and Jayas DS., “Changes in quality of microwave-treated agricultural products: a review”, *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16, (2007).

Vagholkar, P., “Nylon (chemistry, properties and uses)”, *Chemistry*, 5(9), 349-351, (2016).

Xu, W. and Yang, C., “Hydrolysis and dyeing of polyester fabric using microwave irradiation”, *Coloration Technology*, 118(5), 211-214, (2002).

Xue, Z., “Effect of Microwave Irradiation on the Physical Properties and Structure of Silk Fibre”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 4(130), 111-115, (2018).

Yıldırım, F. F., “PTT ve PBT lifli kumaşların boyanma ve haslık özelliklerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-262, (2015).

Yıldırım, F. F., Avinç, O. O. ve Yavaş, A., “Poli (Trimetilen Tereftalat) lifleri bölüm 1: üretimi, özellikleri, kullanım alanları, çevresel etkisi”, *Tekstil ve Mühendis*, 19(87), 43-54, (2012<sup>b</sup>).

Yıldırım, F. F., Yavaş, A. ve Avinç, O. O., “Polibütülen Tereftalat Liflerine Genel Bakış”, *Tekstil ve Mühendis*, 19(87), 29-42, (2012<sup>a</sup>).

Yılmaz, D. ve Kanık, M., “Poliamid liflerinde meydana gelen kimyasal hasarın tespitinde kullanılan test yöntemlerinin incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2), 199-207, (2009).

Zhang, D., Sun, C., Beard, J., Brown, H., Carson, I. and Hwo, C., “Development and characterization of poly (trimethylene terephthalate)-based bicomponent meltblown nonwovens”, *Journal of Applied Polymer Science*, 83(6), 1280-1287, (2002).

## 11. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Feriştah ÜNAL

Doğum Yeri ve Tarihi : Muğla – 24.04.1993

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : feristah93@gmail.com

İletişim Adresi : Orhaniye Mahallesi, Sabahattin Kayar Sokak,  
No:17 Kat:4 Mentеше/ MUĞLA

### **Yayın Listesi**

#### ***Makaleler (Uluslararası Dergiler)***

\* Feristah Ünal, Arzu Yavaş, O. Ozan Avinç, “Sport Equipments Made From Textile Materials”, International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, Volume-8, Issue-1, page15-21, Jan.-2020.

#### ***Kitap Bölümleri***

\* Feristah Ünal, Ozan Avinç, Arzu Yavaş “Sustainable Textile Designs Made from Renewable Biodegradable Sustainable Natural Abaca Fibers”, (eds; Muthu Subramanian Senthilkannan and Gardetti Miguel Ángel), “Sustainability in the Textile and Apparel Industries”, Kowloon, Hong Kong, Springer, (2020), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37929-2>

\* Feristah Ünal, Arzu Yavaş, Ozan Avinç “Contributions to Sustainable Textile Design with Natural Raffia Palm Fibers”, (eds; Muthu Subramanian Senthilkannan and Gardetti Miguel Ángel), “Sustainability in the Textile and Apparel Industries”, Kowloon, Hong Kong, Springer, (2020), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37929-2>

\* Feristah Ünal, Ozan Avinç, Arzu Yavaş, Hüseyin Aksel Eren, and Semiha Eren “*Contribution of UV Technology to Sustainable Textile Production and Design*”, (eds; Muthu Subramanian Senthilkannan and Gardetti Miguel Ángel), “Sustainability in the Textile and Apparel Industries”, Kowloon, Hong Kong, Springer, (2020), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37929-2>

\* Feristah Ünal, Arzu Yavaş, Ozan Avinç “*Sustainability in Textile Design with Laser Technology*”, (eds; Muthu Subramanian Senthilkannan and Gardetti Miguel Ángel), “Sustainability in the Textile and Apparel Industries”, Kowloon, Hong Kong, Springer, (2020), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37929-2>

### **Konferans listesi**

\* Feristah Ünal, Ozan Avinç, Arzu Yavaş, Melek Gündoğan “Textile Wet Processing of Banana Textile Fibers and Recent Developments”, International Scientific and Vocational Studies Congress (BILMES 2018), Kırıkkale University, Kırıkkale, October, 2018.

\* Feristah Ünal, Ozan Avinç, Arzu Yavaş “Textile Finishing of Abaca Fibers”, Proceedings of Academics World 114<sup>th</sup> International Conference, Rome, Italy, 25<sup>th</sup>-26<sup>th</sup> December, 2018.

\* Feristah Ünal, Ozan Avinç, Sedat Kumartaşlı, Arzu Yavaş “Musical Instrument Designs Made From Textile Fibers”, Autex 2020 -20 Th WORLD TEXTILE CONFERENCE Autex 2020, Portugal, June, 2020. (Henüz gerçekleştirilmedi)

### **YER ALDIĞI PROJELER**

\* Poliester Lifi Terbiyesinde Termal Migrasyonun Minimize Edilmesi Ve Renk Haslığı Performanslarının Geliştirilmesi ( 2019FEBE038 No ’lu BAP Projesi)