

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

**PTT VE PBT LİFLİ KUMAŞLARIN BOYANMA VE HASLIK
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA FİLİZ YILDIRIM

DENİZLİ, OCAK - 2015

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



**PTT VE PBT LİFLİ KUMAŞLARIN BOYANMA VE HASLIK
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA FİLİZ YILDIRIM

DENİZLİ, OCAK - 2015

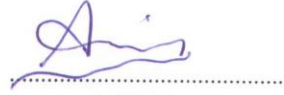
KABUL VE ONAY SAYFASI

FATMA FİLİZ YILDIRIM tarafından hazırlanan "PTT VE PBT LİFLİ KUMAŞLARIN BOYANMA VE HASLIK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 30.01.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

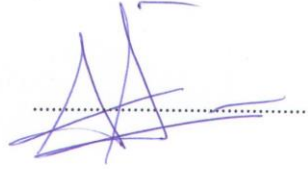
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Osman Ozan AVINÇ
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Arif Taner ÖZGÜNEY
Ege Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Arzu YAVAŞ
Pamukkale Üniversitesi



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü 18/02/2015
02/40 Yönetim Kurulunca onaylanmıştır.



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2011FBE040 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 atfedildiğini beyan ederim.


FATMA FİLİZ YILDIRIM

ÖZET

**PTT VE PBT LİFLİ KUMAŞLARIN BOYANMA VE HASLIK
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**
YÜKSEK LİSANS TEZİ
FATMA FİLİZ YILDIRIM
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. OSMAN OZAN AVINÇ)
DENİZLİ, OCAK - 2015

Poli(trimetilen tereftalat) (PTT), dikkat çekici özelliklere sahip olup aromatik poliester sınıfına ait bir materyaldir. PTT materyali ilk üretildiği yıllarda yüksek hammadde maliyetleri yüzünden fazla ilgi görmemiş ancak hammadde maliyetlerinin düşürülmesi ile PTT materyalinin sahip olduğu üstün özellikler tekrar gündeme gelmiştir. PTT materyali düşük sıcaklıklarda boyanabilme ve yüksek elastikiyet gibi özelliklere sahiptir. PTT, sahip olduğu üstün özellikler sayesinde tekstil endüstrisinde öncelikle halı üretiminde ve diğer birçok tekstil uygulamasında kullanılmaya başlanmıştır. Düşük camlaşma sıcaklığı (T_g) sayesinde kaynama sıcaklığında ve atmosferik basınç altında, carrier gibi yardımcı maddelere ihtiyaç duyulmadan kolaylıkla boyanabilmektedir. PTT lifleri düşük T_g sıcaklığı değerlerine rağmen iyi haslık değerleri sergileyebilmektedir. Poli(bütülen tereftalat) (PBT), yarı aromatik poliester sınıfına ait bir materyaldir. PBT materyali, PTT gibi düşük sıcaklıklarda boyanabilme ve iyi elastikiyet gibi özellikleri sayesinde tekstil endüstrisinde öncelikle halı üretiminde ve diğer birçok tekstil uygulamasında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, atmosferik şartlar altında kolayca boyanabilen ve elastikiyetleri ile ön plana çıkan PTT ve PBT liflerinin konvansiyonel ve yeni metodlar kullanılarak boyanmaları incelenmiştir. Boyamalarda, konvansiyonel yöntemler yanında ultrasonik enerji ve mikrodalga enerjisi kullanımı da incelenmiştir. Bu yöntemlerin kumaşların mukavemet ve elastikiyetine etkileri de incelenmiştir. Tüm boyamalardan elde edilen renk, haslık, mukavemet ve elastikiyet değerleri karşılaştırılmıştır.

Her iki lif için yapılan tüm boyamalarda, en iyi renk verimi ve boya alımı değerlerine konvansiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyamalarda ulaşılmıştır. Gerçekleştirilen bütün konvansiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyama işlemlerinin PTT ve PBT lifli kumaşların mukavemet ve elastikiyet performansları üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Politrimetilen tereftalat lifleri, Polibütülen tereftalat lifleri, poliester lifleri, elastikiyet, kolay boyanma

ABSTRACT

DYEING OF PTT VE PBT FABRICS AND COMPARISON OF FASTNESS PROPERTIES

MSC THESIS

FATMA FİLİZ YILDIRIM

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

TEXTİLE ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. OSMAN OZAN AVINÇ)

DENİZLİ, JANUARY 2015

Poly(trimethylene terephthalate) (PTT) is an aromatic polyester which has remarkable properties. In the first years of PTT production, PTT material could not capture expected attention due to its high raw material costs. However, after the reduction on raw material costs, PTT production has increased due to its superior material properties. PTT can be dyed easily at low temperatures and it has high elasticity properties. Due to its superior properties, PTT primarily began to be used in carpet production, and also in many other textile applications. Poly (trimethylene terephthalate) (PTT), which is an elastic aromatic polyester, can be dyed with disperse dyes at atmospheric conditions without the need of carriers due to its low glass transition temperature (T_g). PTT fibers can exhibit good fastness properties in spite of its low T_g. PBT(Poly (butylene terephthalate)) is an (semi) aromatic polyester. Due to their high elasticity property and ease of dyeing at lower temperatures, PBT fibers are started to be used popularly in the textile industry, especially in carpet manufacture and in many other textile applications.

In this study, dyeing of easy dyeable and elastic PTT and PBT fabrics with conventional and new techniques were investigated. In dyeing process, ultrasonic energy and microwave energy were used as new techniques. Elasticity and tenacity properties of dyed PTT and PBT fabrics were also investigated. Color strength, fastness, elasticity and tenacity properties of all dyed PTT and PBT fabrics were compared.

All dyeing conditions studied, optimal color strength and exhaustion values were reached via conventional and ultrasonic homogenizer supported dyeings for both fibres. conventional and ultrasonic homogenizer supported dyeings studied did not led to adverse impact on fibres elasticity and tenacity performance.

KEYWORDS: Polytrimethylene terephthalate fibres, Polybutylene terephthalate fibres, polyester fibres, elasticity, easy dyeable

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	xviii
ÖNSÖZ	xix
1. GİRİŞ	1
2. PTT VE PBT LİFLERİNİN ÜRETİMİ, LİF ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI	7
2.1 PTT Liflerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	7
2.1.1 PTT'nin Genel Yapısı ve Sentezlenmesi	7
2.1.2 PTT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	9
2.1.3 PTT'nin Kullanım Alanları	13
2.2 PBT Liflerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	14
2.2.1 PBT'nin Genel Yapısı ve Sentezlenmesi	14
2.2.2 PBT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	16
2.2.3 PBT'nin Kullanım Alanları.....	18
2.3 PET, PTT ve PBT Liflerinin Karşılaştırılması.....	19
3. PET, PTT ve PBT LİFLERİNE UYGULANAN TERBİYE İŞLEMLERİ	22
3.1 Poliester (PET) Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri.....	22
3.1.1 Ön İşlemler.....	22
3.1.2 Poliesterlerin Boyanması	23
3.1.2.1 Dispers Boyarmaddeler	23
3.1.2.2 Poliesterlerin Boyanma Prosesi	26
3.1.2.2.1 Carrierli Boyama Metodu	29
3.1.2.2.2 HT Şartlarında Boyama Metodu	30
3.1.2.2.3 Termosol İle Boyama Metodu	30
3.1.2.3 Redüktif Yıkama.....	31
3.1.2.4 Haslık Özellikleri.....	31
3.1.3 Bitim İşlemleri	32
3.2 PTT Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri	32
3.2.1 PTT Liflerine Uygulanan Ön İşlemler	33
3.2.1.1 PTT Liflerine Uygulanan Yıkamalar.....	33
3.2.1.2 PTT Liflerine Uygulanan Ağırlık Kaybı İşlemleri	34
3.2.2 PTT Liflerinin Boyanması	35
3.2.2.1 PTT Liflerinde Boyamayı ve Boya Alımını Etkileyen Faktörler	37
3.2.2.2 PTT Liflerinin ve Lif Karışımlarının Boyanması.....	41
3.2.2.3 PTT Liflerine Uygulanan Ard Yıkamalar.....	52
3.2.3 PTT Liflerine Uygulanan Bitim İşlemleri.....	53
3.3 PBT Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri	54
3.3.1 PBT Liflerine Uygulanan Ön İşlemler	54
3.3.1.1 PBT Liflerine Uygulanan Yıkamalar.....	54
3.3.1.2 PBT Liflerine Uygulanan Ağırlık Azaltma İşlemleri ve Diğer Ön Terbiye İşlemleri.....	55

3.3.2 PBT Liflerinin Boyanması	58
3.3.2.1 PBT Liflerinin ve Lif Karışımlarının Boyanması.....	58
3.3.2.2 PBT Liflerine Uygulanan Ard Yıkamalar	68
3.3.3 PBT Liflerine Uygulanan Bitim İşlemleri.....	69
4. MATERYAL METOD	70
4.1 Materyal	70
4.2 Kullanılan Kimyasal Maddeler	70
4.3 Kullanılan Makine – Teçhizat ve Yardımcı Malzeme Listesi	70
4.4 Kullanılan Standartlar ve Ölçümler	72
4.5 Ön Yıkama İşlemi	72
4.6 Boyama İşlemi	72
4.6.1 Konvensiyonel Yöntemle Boyamada Uygulanan Prosedür.....	73
4.6.2 Mikrodalga Yöntemiyle Boyamada Uygulanan Prosedür	75
4.6.3 Ultrasonik Yöntemle Boyamada Uygulanan Prosedür	77
4.6.3.1 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Uygulanan Prosedür	77
4.6.3.2 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Uygulanan Prosedür	78
4.7 Redüktif Yıkama İşlemi	81
4.8 Kumaşların Renk Değerlerinin Belirlenmesi	81
4.9 Boya Banyosundan Boya Alım Değerlerinin Belirlenmesi	82
4.10 Yıkama Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi	83
4.11 Ter Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi	84
4.12 Su Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi	84
4.13 Deniz Suyu Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	84
4.14 Sürtme Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi	84
4.15 Işık Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	85
4.16 Süblimasyon Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	85
4.17 Kumaşların Çekmezlüklerinin Belirlenmesi.....	85
4.18 Kopma Mukavemeti Değerlerinin Belirlenmesi	86
4.19 Elastikiyet Değerlerinin Belirlenmesi	87
5. BULGULAR	88
5.1 Konvensiyonel Yöntemle Elde Edilen Bulgular	88
5.1.1 Konvensiyonel Yöntemle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri	88
5.1.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri.....	88
5.1.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri	97
5.1.2 Konvensiyonel Yöntemle Boyamadan Elde Edilen Haslık Değerleri	105
5.1.3 Konvensiyonel yöntemle Boyamadan Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri.....	110
5.2 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Bulgular	116
5.2.1 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Renk Değerleri. 116	
5.2.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri.....	116
5.2.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri	150
5.2.2 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Haslık Değerleri	182
5.2.3 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri.....	185
5.3 Ultrasonik Enerji Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Bulgular.....	191
5.3.1 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri 191	
5.3.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri.....	191
5.3.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri	202
5.3.2 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Elde Edilen Haslık Değerleri	212

5.3.3 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri.....	216
5.3.3.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri.....	216
5.3.3.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri	225
5.3.4 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Elde Edilen Haslık Değerleri.....	233
5.3.5 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri.....	236
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	242
7. KAYNAKLAR	250
8. ÖZGEÇMİŞ.....	262

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: PET'in Yapısı	2
Şekil 2.1: PTT'nin Yapısı	7
Şekil 2.2: Kristal birim hücrede PTT'nin atomik pozisyonu (üstten ve yandan görünümleri).....	10
Şekil 2.3: PTT'den Üretilen Bazı Ürünler	14
Şekil 2.4: PBT'nin Kimyasal Formülü	15
Şekil 2.5: PBT'nin α – form (gevşemiş) ve β – form (gergin) Görüntüleri	16
Şekil 2.6: PBT'nin Bazı Kullanım Alanları	19
Şekil 2.7: PTT, PET ve PBT'yi Oluşturan Hammaddeler	20
Şekil 2.8: PET (2GT), PTT (3GT) ve PBT (4GT)'nin Birim Hücrelerinin Yapısal Görüntüsü	21
Şekil 3.1: Monoazo ve diazo dispers boyarmaddelerinin kimyasal formülü	24
Şekil 3.2: Antrakininon dispers boyarmadde örneği	25
Şekil 3.3: PET Boyama Teorisi.....	27
Şekil 3.4: PTT'nin düşük enerjili boyalarla boyanmasına ait diyagram	36
Şekil 3.5: PTT boyama prosesine ait bir referans diyagram	37
Şekil 3.6: C.I. Disperse Blue 56 ile %1,2 koyulukta PTT kumaşın boya alımı değerleri.....	38
Şekil 3.7: Farklı sıcaklıklardaki renk verimi (K/S) ve boya alımı (mg/g) değerleri arasındaki ilişki	39
Şekil 3.8: PTBT filamentlerinin K/S değerleri.....	48
Şekil 3.9: Modifiye PTT liflerinin asit boyarmaddelerle boyanma süreci	49
Şekil 3.10: Boyama grafiği	50
Şekil 3.11: PETT Kopolimer Filamentinin Boya Alımı ve K/S değerleri	51
Şekil 3.12: HT, ultrasonik ve atmosferik şartlarda boyama proseslerine ait reçeteler	59
Şekil 3.13: Mikrodalga enerjisi kullanılan ve konvensiyonel yöntemlerden elde edilen K/S değerleri.....	61
Şekil 3.14: Dispers Blue 79 (a) ve Dispers Violet 95 (b) ile 98°C'de boyanmış PP/PES karışım lif tipleri ve lif tiplerinin K/S bağımlılıkları.....	64
Şekil 3.15: Saf ve PP/PBT karışım lif örneklerinin çektirme yöntemine göre boyanma diyagramı	66
Şekil 3.16: Boyanmış lif örnekleri; (a) Saf PP, (b) %5 PBT, (c) %10 PBT, (d) %20 PBT, (e) %30 PBT, (f) %40 PBT, (g) Saf PBT	67
Şekil 4.1: ATAÇ LAB DYE HT Lab Tipi boyama Makinesi.....	73
Şekil 4.2: 100°C, 110°C, 120°C ve 130°C'deki boyamalara ait boyama grafikleri	74
Şekil 4.3: 80°C'de 15 dakika, 30 dakika ve 90 dakika boyamalara ait boyama grafikleri	75
Şekil 4.4: Arçelik MD 565 mikrodalga fırın.....	76
Şekil 4.5: Ultrasonik Banyo (<i>WiseClean WUC-D10H</i>)	77
Şekil 4.6: 80°C'deki 15, 30, 45, 60, 90 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri	78
Şekil 4.7: Ultrasonik homojenizer (<i>Sonopuls SH213G, HD3200</i>).....	79

Şekil 4.8: 100°C'deki 15 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri (kumaş boyamanın başında eklenmiş ve kumaş sıcaklık 100°C ulaştıktan sonra eklenmiş)	80
Şekil 4.9: 100°C ve 80 °C'deki 20 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri.....	80
Şekil 4.10: Datacolor 600 spektrofotometre	82
Şekil 4.11: UV visible spektrofotometre.....	83
Şekil 4.12: SDL Atlas M228 Rotawash	83
Şekil 4.13: Ter haslığı kiti ve etüv	84
Şekil 4.14: Sürtme haslığı makinesi.....	85
Şekil 4.15: Titan 3 Universal Strength Tester.....	86
Şekil 5.1: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	89
Şekil 5.2: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	90
Şekil 5.3: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	91
Şekil 5.4: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	92
Şekil 5.5: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	93
Şekil 5.6: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	93
Şekil 5.7:Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	95
Şekil 5.8: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	95
Şekil 5.9: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	96
Şekil 5.10: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	96
Şekil 5.11: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	98
Şekil 5.12: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S -nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	98
Şekil 5.13: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	100
Şekil 5.14: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	100
Şekil 5.15: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	101
Şekil 5.16: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $L^* -C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	101
Şekil 5.17: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	103
Şekil 5.18: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $a^* -b^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	103
Şekil 5.19: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S -C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	104
Şekil 5.20: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $L^* -C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	104

Şekil 5.21: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	117
Şekil 5.22: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	118
Şekil 5.23: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	118
Şekil 5.24: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	119
Şekil 5.25: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	120
Şekil 5.26: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	121
Şekil 5.27: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	122
Şekil 5.28: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	122
Şekil 5.29: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	123
Şekil 5.30: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	124
Şekil 5.31: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	125
Şekil 5.32: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	125
Şekil 5.33: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	127
Şekil 5.34: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	127
Şekil 5.35: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	128
Şekil 5.36: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	128
Şekil 5.37: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	129
Şekil 5.38: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	129
Şekil 5.39: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	131
Şekil 5.40: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	132
Şekil 5.41: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	132
Şekil 5.42: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	133
Şekil 5.43: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	134
Şekil 5.44: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	135
Şekil 5.45: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	135

Şekil 5.46: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	136
Şekil 5.47: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	137
Şekil 5.48: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	138
Şekil 5.49: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	138
Şekil 5.50: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	139
Şekil 5.51: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	139
Şekil 5.52: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	140
Şekil 5.53: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	142
Şekil 5.54: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	143
Şekil 5.55: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	144
Şekil 5.56: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	144
Şekil 5.57: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	145
Şekil 5.58: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	146
Şekil 5.59: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	147
Şekil 5.60: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	147
Şekil 5.61: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	150
Şekil 5.62: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	151
Şekil 5.63: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	151
Şekil 5.64: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	152
Şekil 5.65: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	153
Şekil 5.66: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	154
Şekil 5.67: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	155
Şekil 5.68: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	155
Şekil 5.69: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	156
Şekil 5.70: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	157

Şekil 5.71: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	158
Şekil 5.72: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	158
Şekil 5.73: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	160
Şekil 5.74: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	160
Şekil 5.75: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	161
Şekil 5.76: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	161
Şekil 5.77: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	162
Şekil 5.78: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	162
Şekil 5.79: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	164
Şekil 5.80: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	165
Şekil 5.81: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	165
Şekil 5.82: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	166
Şekil 5.83: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	167
Şekil 5.84: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	168
Şekil 5.85: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	168
Şekil 5.86: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	169
Şekil 5.87: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	170
Şekil 5.88: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	171
Şekil 5.89: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	171
Şekil 5.90: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	172
Şekil 5.91: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	172
Şekil 5.92: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	173
Şekil 5.93: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	175
Şekil 5.94: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	176
Şekil 5.95: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	176

Şekil 5.96: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	177
Şekil 5.97: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	178
Şekil 5.98: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	179
Şekil 5.99: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	179
Şekil 5.100: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	180
Şekil 5.101: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	192
Şekil 5.102: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait boya alımı- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	192
Şekil 5.103: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	193
Şekil 5.104: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	193
Şekil 5.105: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait boya alımı- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	193
Şekil 5.106: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	194
Şekil 5.107: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	195
Şekil 5.108: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	196
Şekil 5.109: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	197
Şekil 5.110: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	197
Şekil 5.111: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $\%R-nm$ diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	198
Şekil 5.112: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	199
Şekil 5.113: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	199
Şekil 5.114: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	200
Şekil 5.115: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	203
Şekil 5.116: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait boya alımı- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	203
Şekil 5.117: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	203
Şekil 5.118: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	204
Şekil 5.119: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait boya alımı- süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için).....	204
Şekil 5.120: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-nm$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için).....	204

Şekil 5.121: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)	206
Şekil 5.122: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	206
Şekil 5.123: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	207
Şekil 5.124: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	208
Şekil 5.125: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	208
Şekil 5.126: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	209
Şekil 5.127: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	210
Şekil 5.128: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	210
Şekil 5.129: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	217
Şekil 5.130: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	218
Şekil 5.131: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	219
Şekil 5.132: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	219
Şekil 5.133: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	220
Şekil 5.134: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	221
Şekil 5.135: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	222
Şekil 5.136: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	222
Şekil 5.137: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	223
Şekil 5.138: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	223
Şekil 5.139: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	226
Şekil 5.140: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	226
Şekil 5.141: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	227
Şekil 5.142: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	228
Şekil 5.143: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	228
Şekil 5.144: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)	229
Şekil 5.145: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)	230

Şekil 5.146: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	230
Şekil 5.147: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	231
Şekil 5.148: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^* - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)	232

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Poliesterlerin sınıflandırılması.....	1
Tablo 2.1: PTT ve Diğer Bazı Liflerin Fiziksel Özellikleri.....	10
Tablo 2.2: PTT Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Son Kullanım Ürünlerine Yansıması.....	13
Tablo 2.3: PBT ve Diğer Bazı Liflerin Fiziksel Özellikleri.....	17
Tablo 2.4: PBT Filamentinin Bazı Özelliklerinin Diğer Filamentlerin Özellikleri ile Karşılaştırılması	18
Tablo 3.1: İplik örneklerine ait <i>K/S</i> ve haslık değerleri	45
Tablo 3.2: PP/PES karışımlarının kompozisyonu.....	46
Tablo 4.1: Kullanılan boyarmaddeler, kimyasallar ve üretici firmalar	70
Tablo 4.2: Kullanılan Makine – Teçhizat listesi	71
Tablo 4.3: Ölçümlerde kullanılan test metodları.....	72
Tablo 4.4: Dispers Boyama reçetesi	73
Tablo 5.1: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	88
Tablo 5.2: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	91
Tablo 5.3: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için).....	94
Tablo 5.4: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	97
Tablo 5.5: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	99
Tablo 5.6: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için).....	102
Tablo 5.7: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	106
Tablo 5.8: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	106
Tablo 5.9: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	107
Tablo 5.10: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	108
Tablo 5.11: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT ve PBT kumaşlara ait ışık haslığı değerlerinin karşılaştırılması	109
Tablo 5.12: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması	111
Tablo 5.13: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması	112
Tablo 5.14: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması	113
Tablo 5.15: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması	115
Tablo 5.16: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerlerinin karşılaştırılması	117

Tablo 5.17: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIE-LAB değerlerinin karşılaştırılması (Flotte oranı 1:30)	120
Tablo 5.18: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması	126
Tablo 5.19: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (Flotte oranı 1:50).....	130
Tablo 5.20: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması.....	137
Tablo 5.21: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması.....	141
Tablo 5.22: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti (<i>K/S</i>) değerlerinin karşılaştırılması.....	149
Tablo 5.23: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması.....	150
Tablo 5.24: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması.....	153
Tablo 5.25: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması.....	159
Tablo 5.26: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması.....	163
Tablo 5.27: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması.....	170
Tablo 5.28: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması.....	174
Tablo 5.29: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti değerlerinin karşılaştırılması	181
Tablo 5.30: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT lifli kumaşlara ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	182
Tablo 5.31: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PBT lifli kumaşlara ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	183
Tablo 5.32: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT lifli kumaşlara ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması... ..	184
Tablo 5.33: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PBT lifli kumaşlara ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	185
Tablo 5.34: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması	186
Tablo 5.35: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması.....	187
Tablo 5.36: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması.....	188
Tablo 5.37: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılma	190
Tablo 5.38: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerleri	191
Tablo 5.39: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	195
Tablo 5.40: Ultrasonik banyo yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	201

Tablo 5.41: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerleri	202
Tablo 5.42: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	205
Tablo 5.43: Ultrasonik banyo yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	211
Tablo 5.44: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait yıkama haslığı değerlerinin karşılaştırılması	212
Tablo 5.45: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait yıkama haslığı değerlerinin karşılaştırılması	213
Tablo 5.46: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	213
Tablo 5.47: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	214
Tablo 5.48: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	214
Tablo 5.49: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	215
Tablo 5.50: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması.....	216
Tablo 5.51: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için) 218	
Tablo 5.52: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	224
Tablo 5.53: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması.....	225
Tablo 5.54: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için) 227	
Tablo 5.55: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması	232
Tablo 5.56: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	234
Tablo 5.57: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması	234
Tablo 5.58: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	235
Tablo 5.59: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması	236
Tablo 5.60: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması	237
Tablo 5.61: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukvemet değerlerinin karşılaştırılması	238
Tablo 5.62: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması	239

Tablo 5.63: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması	240
Tablo 6.1: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılatırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	242
Tablo 6.2: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılatırılması (C.I. Disperse Red 65 için).....	242
Tablo 6.3: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerlerinin karşılatırılması	243
Tablo 6.4: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait renk değerlerinin karşılatırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için).....	243
Tablo 6.5: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait renk değerlerinin karşılatırılması (C.I. Disperse Red 65 için).....	244
Tablo 6.6: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerlerinin karşılatırılması	244

SEMBOL LİSTESİ

PTT	Politrimetilen Tereftalat
PBT	Polibütülen Tereftalat
PET	Polietilen Tereftalat
PTA	Saflaştırılmış Tereftalik Asit
DMT	Dimetil Tereftalat
EG	Etilen Glikol
PDO	1,3-Propandiol
BDO	1,4-Bütandiol
BCF	Hacimli Devamlı Filament
RAP	Rijit Amorf Faz
T_g	Camlaşma Sıcaklığı
T_m	Erime Sıcaklığı
K/S	Renk Verimi
% BA	Boya Alımı
nm	Dalga Boyu
a*	Kırmızılık-yeşillik
b*	Sarılık-mavilik
L*	Açıklık-koyuluk
C*	Kroma
EDP	Kolay Boyanabilir Poliester
HT	Yüksek Basınç, Yüksek Sıcaklık
PAN	Poliakrinitril
PP	Polipropilen
PETT	Polietilen-ko-trimetilen tereftalat
PTBT	Politrimetilen-ko-bütülen tereftalat
%ÇK	Çekme Miktarı

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresi boyunca yardımını ve zamanını benden hiç esirgemeyen, ayrıca bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman Ozan AVİNÇ'e tüm destek ve yardımlarından ötürü çok teşekkür ederim.

Tezimin deneysel çalışmaları boyunca bilgi ve tecrübesi ile bana destek olan ve zamanını ayıran Sayın hocam Doç.Dr. Arzu YAVAŞ'a da ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarım aşamasında, deneylerimi yapmamda büyük bir sabır ve özveriyle bana destek olan arkadaşım Ece KALAYCI'ya gönülden teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük paya sahip olan sevgili annem Pembe ÇALIŞKAN ve babam Ali ÇALIŞKAN'a maddi-manevi her türlü desteklerinden ve sabırlarından dolayı, ayrıca bana her konuda destek olan sevgili eşim Tevfik YILDIRIM'a teşekkür ederim. Ben yokken oğlum Yalın ile vakit geçirmekten hiç sıkılmayan kayınvalidem Zeynep YILDIRIM'a da ayrıca teşekkürü borç bilirim. Tez süreci boyunca beni birçok zaman az gören ve buna rağmen yine de bana sevgisi ve öpücükleri hiç azalmayan tatlı oğlum Yalın YILDIRIM'a da ayrıca sabrı ve sevgisi için çok teşekkür ederim. Yine, dua ve desteklerini hiç eksik etmeyen tüm geniş aileme de teşekkürü borç bilirim.

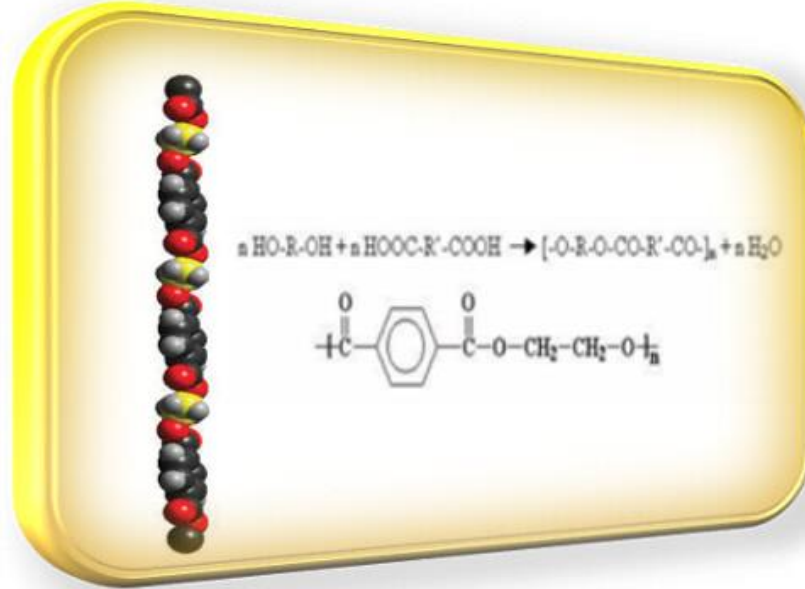
1. GİRİŞ

Poliesterler, karboksilik asit ile glikolün polikondenzasyon reaksiyonu sonucu üretilen, gazlı içecek ve su şişelerinde, giysilerde (lif olarak), fotografik filmlerde ve daha birçok uygulamada kullanılan bir tür polimerlerdir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Scheirs ve Long 2003). Poliesterler, sentetik lif endüstrisinde de en yaygın kullanılan ve baskın polikondenzasyon polimerlerinden biridir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Deopuno ve diğ. 2008, McIntyre 2004). Bu lifler, ucuz olup petrokimyasal kaynaklardan kolayca üretilmektedir ve liflerin fiziksel özellikleri de istenilir derecededir (McIntyre 2004). Tekstil sektöründe poliesterler farklı amaçlarla kullanılmak üzere lif, filament, kumaş veya dokusuz tekstil yüzeyi şeklinde üretilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^a). 2010 yılı verilerine göre global poliester şapeli elyaf üretimi 13,3 milyon ton, poliester filament iplik üretimi ise 22 milyon ton olarak verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Asiapacificfibers 2011). Poliesterlerin üretimlerinin 2015 yılında üretim miktarlarının 50 milyon tonu aşması beklenmektedir (Chan ve diğ. 2012). Poliester liflerinin sahip olduğu iyi performans özellikleri, ekonomik olmaları ve üretim teknolojilerinin iyi olması, bu lif grubunu tıp, giyim, spor gibi çeşitli endüstriyel alanlarda en önemli materyallerden biri haline getirmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b). Poliesterlerin sınıflandırılması Tablo 1.1’de verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Deopuno ve diğ. 2008).

Tablo 1.1: Poliesterlerin sınıflandırılması

Poliesterlerin Sınıflandırılması				
Termoplastik poliesterler	Lineer aromatik poliesterler	ftalatlar	*Politrimetilen tereftalat (PTT)	
			*Polietilen tereftalat (PET)	
			*Polibütülen tereftalat (PBT)	
			Polietilen isophthalate (PEI)	
		naftalatlar	Polietilen naftalat (PEN)	
			Politrimetilen naftalat (PTN)	
				Polibütülen naftalat (PBN)
		Elastomerler		
		Sıvı kristalli poliesterler (LCP)		
		Mühendislik plastikleri		
	Alifatik poliesterler			
	Polihidroksil alkanatlar			
Doymamış poliesterler				
*DMT veya PTA’dan türetildiği için bu grupta yer almaktadır.				

Bilindiği gibi tekstil endüstrisinde en yaygın kullanılan poliester polimeri polietilen tereftalat'tır (PET) (Yıldırım ve diğ. 2012^a). PET lifinin kimyasal formülü ve yapısı Şekil 1.1'de verilmiştir (Deopuno ve diğ. 2008, Dupont 2014).



Şekil 1.1: PET'in Yapısı

PET, tereftalik asit(TPA) veya Dimetil tereftalat(DMT) ve Etilen glikolden üretilir. PET 'i üretmek için 2 yol bulunmaktadır, bunlardan birincisi DMT yolu, ikincisi ise tereftalik asidin arılaştırılması (PTA) yoludur. Ham maddenin arılığı, polimerin arılığında çok önemli rol oynamaktadır. PTA yolu, şimdilerde artan bir biçimde takip edilmektedir. Bu yol DMT yolundan farklı birçok avantaja sahiptir (Deopuno ve diğ. 2008). Bu lifin tarihçesi 1900'lu yılların başlarına dayanmaktadır. 1930'lu yılların başlarında, W.H. Carothers poliesterler üzerinde kapsamlı çalışmalar yapmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^a, McIntyre 2004, Chan ve diğ. 2012). Düşük erime noktasına sahip yüksek moleküler ağırlıklı kristalin poliester materyaller Carothers tarafından keşfedilmiştir. Fakat bu polimerler tekstil uygulamaları için pek uygun değildi. Bu nedenle Cartohers poliamidlere yönelmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Scheirs and Long 2003, McIntyre 2004). 1941 yılına gelindiğinde ise, J.R. Whinfield ve J.T. Dickson, etilen glikol (EG) ile tereftalik asit (TPA)'i tepkimeye sokarak polietilen tereftalat (PET)'i sentezlemeyi başarmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^a, McIntyre 2004, Chan ve diğ. 2012). Bu yeni polimer tekstil lifi haline getirildiğinde oldukça güzel özellikler sergilemekteydi.

Farklı üreticilerde kendi PET liflerini sentezlemiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, McIntyre 2004). 1942 yılında ilk poliester lifi olan 'Terlen' Whinfield ve Dickson tarafından sentezlenmiştir. Daha sonra 1950'lerde oldukça dayanıklı PET lifi Dakron geliştirilmiştir (Chan ve diğ. 2012).

PET lifleri genel olarak yüksek mukavemet, yüksek yıpranma dayanımı, iyi ısı dayanımı, düşük su absorpsiyonu, kolay yıkanabilirlik ve çabuk kuruma gibi birçok özelliğe sahiptir. Bununla birlikte poliester lifleri, kirliliğe yol açan maddelere ve yağlara ilgi, kuvvetli elektrostatik yüklenme, hızlı kirlenme, boyama zorlukları, düşük su ve ter absorpsiyonu, kesikli elyafli mamul ürünlerde "pilling" gibi önemli dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajlarının yanında poliesterler birçok mineral asite karşı da iyi dayanım gösterirler fakat konsantre sülfirik asit, poliesteri kısmi olarak parçalayarak çözer. Poliesterler, konvansiyonel ağartıcılara, temizleme çözücüleri ve yüzey aktif maddelerine karşı mükemmel dayanım göstermektedir. Fakat güçlü alkaliler lif yüzeyinde çözünmelere sebep olabilmektedir. Poliester lifleri çoğunlukla disperse boyalar ile boyanırlar. PET liflerinin sahip olduğu camlaşma sıcaklığı; kuru durumda, $T_g = 90-100^{\circ}\text{C}$, yaş durumda $T_g = 90-125^{\circ}\text{C}$ arasında verilmektedir. Ayrıca liflerin erime noktası da $T_m = 265-267^{\circ}\text{C}$ olarak verilmektedir (Uğur 2004, Reichert ve Gökçöl 1998).

Tablo 1.1'den de görüldüğü gibi Poli(trimetilen tereftalat) PTT ve Poli(bütülen tereftalat) (PBT) lifleri, önemli aromatik poliesterler arasında yer almaktadır ve bu iki lif iyi elastik özellikleri sayesinde elastik poliesterler olarak bilinmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Perepelkin 2001). Ayrıca PTT ve PBT lifleri dispers boyarmaddeler ile düşük sıcaklıklarda kolaylıkla boyanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c).

Dimetil tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ile 1,3-propan diol (PDO)'un polikondenzasyon reaksiyonu ile üretilebilen Poli (trimetilen tereftalat) PTT lif ve filamentlerinin geliştirilmesindeki en önemli etken, bu liflerin elastiki geri dönme özelliklerinin iyi olması, yumuşak olmaları ve kolay boyanabilmeleridir. PTT, Poli(propilen tereftalat) (PPT) ve 3GT olarak da bilinmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Thiele 2002, Kurian 2005). DuPont ve bazı eski ticari litaretür kaynakları PPT terimini kullanmayı tercih ederken, Shell PTT terimini kullanır (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^b).

PTT'nin ilk sentezlenmesi 1941 yılında gerçekleştirilmiş (*J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından*) ve patenti yaklaşık olarak bu tarihlerde alınmıştır. Fakat sentezlendiği dönemde hammaddesi olan PDO'nun çok pahalı olması lifin ticari olarak üretilmesini engellemiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014, Houck ve diğ. 2001). 1960 yılına gelindiğinde PDO'nun üretimi tamamen durmuştur. 1990'lı yıllarda ise PDO üretiminde alternatif olarak etilen oksit (EO) hidroformülasyonun geliştirilmesi PDO'nun daha ekonomik olarak üretimini sağlamıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Kurian 2005, Houck ve diğ. 2001). Dupont firması ise (2007 yılında) mısır nişastası kullanarak biyokimyasal PDO üretmeyi başarmıştır (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014). DuPont firması bioPDO'yu üretmek için *K.pneumoniae* genleri içeren genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar kullanmıştır (Marcal ve diğ. 2009). PDO üretiminin ucuzlaması sonucunda PTT lifinin üretimi yeniden gündeme gelmiştir. Bunun sonucu olarak Shell Chemical Company ve Dupont, PTT liflerini ticari olarak sırasıyla 'Corterra' ve 'Sorona' olarak üretmeye başlamıştır başarmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014, Reddy ve Yang 2015). PTT'den üretilen lifler, Amerikan federal ticaret komisyonu tarafından triexta generik adı altında sınıflandırılmaktadır (DuPont2 2014).

Corterra PTT lifi ve ipliği son zamanlarda dikkate değer bir yükselişe sahiptir. Lifin, dünya çapında üretimi yaklaşık 50 000 tondur ve halılar, dokusuz yüzeyler ve diğer tekstillerin üretiminde kullanılabilir. Lif yüksek elastikiyeti ile spor ve gündelik giysileri daha konforlu hale getirerek değer kazanmaktadır. Ayrıca PTT lifleri tekstil teknolojisinde, Spandex, Poliamid (PA), Poliester (PES) ve Poliakrinitril (PAN) gibi liflerle karışım halinde de kullanılabilir (Aizenshtein 2009).

PTT yanında elastik poliester olarak bilinen diğer bir poliester lifi de Poli(bütülen tereftalat) (PBT)'dir. PBT, saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) veya dimetil tereftalat (DMT) ile 1,4-bütandiol (BDO)'un polikondenzasyon reaksiyonu ile üretilmektedir. PBT, 4 GT ya da politetrametilen tereftalat olarak da bilinmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Chan ve diğ. 2012). Bu polimeri tanımlamak için Poli(tetrametilen tereftalat) ismi daha doğrudur fakat Poli(bütülen tereftalat)

(PBT) mühendislik reçine uygulamalarında köklü olarak kullanılmakta olan bir kısaltmadır (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Kurian 2005).

PBT'nin ilk sentezlenmesi de PTT'de olduğu gibi 1941'e uzanmaktadır (*J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından*). Geçmişini iniş çıkışlarla dolu olan materyal tekstil elyafı olarak geliştirilmiştir. Daha sonra yüksek oranda kristalleşebilen enjeksiyon kalıplama polimeri ve mühendislik reçinesi olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Tekstil lifi üretimi dışında kullanılmasına rağmen lif pazarda halen elyaf olarak varlığını sürdürmektedir. PBT'nin pazarda en çok hacimli devamlı filament (BCF) olarak halı elyafı üretiminde kullanıldığı belirtilmektedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT, uzun bir süre boyunca BDO sıkıntısı ve küçük üretim kapasiteleri yüzünden oldukça pahalı bir materyal olmuştur fakat BDO'nun üretim kapasitesinin artırılması sonucunda PBT fiyatları da düşmüştür (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lurgi 2011). Geçmişte PBT üretimi için kullanılan en önemli hammaddeler DMT ile BDO'du. Daha sonra Zimmer firması, DMT yerine saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ve BDO hammaddelerini kullanarak PBT'yi devamlı proseste üretmeyi başarmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^a, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lurgi 2011). PBT lifi, Zimmer ve Ticona tarafından 'Cleanex' ticari ismiyle üretilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008). 2007 yılında yapılan bir araştırmaya göre, ana uygulama pazarları otomotiv ve elektrik/elektronik endüstrileri olan PBT her yıl yaklaşık 400 kton üretilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Devroede 2007).

Aslında PBT materyalinin geleceği parlak görünmektedir fakat PBT liflerinin üretiminde kullanılan BDO'nun maliyetinin, etilen glikolün (EG) maliyetinden daha yüksek olması lifin Polietilen tereftalat (PET) liflerinin tekstildeki başarısını yakalamasını engellemektedir. Elastikiyet ve kolay boyanabilirlik özellikleri sayesinde halı uygulamalarında başarı kazanan PBT lifleri Naylon lifleri ile de rekabet halindedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c).

PTT lifleri çeşitli yollarla boyanabilmektedir, en yaygın kullanılan yöntem ise dispers boyarmaddelerle sürekli boyamalardır (Albermarlecarpet 2014). PTT ve PBT lifleri sahip oldukları düşük T_g 'leri sayesinde atmosferik şartlarda kaynama sıcaklığında *carriere* kullanılmadan dispers boyarmaddelerle rahatlıkla boyanabilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ.

2012d). Bu özellikleri sayesinde PTT ve PBT carriersiz boyanabilen poliester lifi olarak adlandırılmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Hawkyard 2004). Bilindiği gibi liflere boyarmadde alımı, liflerin sahip olduğu camlaşma sıcaklıklarının üzerindeki derecelerde başlamaktadır. Bu sebeple düşük T_g 'lere sahip lifler daha düşük sıcaklıklarda boyanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012d, US Patent 4,565,241, 2011).

Düşük sıcaklıklarda bile carrier kullanılmadan boyanabilen PTT ve PBT lifleri bu özelliklerinin yanında oldukça elastik liflerdir. PBT ve PTT liflerinin bu üstün özellikleri lifleri tekstil sektörü için ilgi çekici kılmaktadır. Bu tez çalışmasında PTT ve PBT liflerinin konvensiyonel ve konvensiyonel olmayan yöntemlerle (ultrasonik enerji ve mikrodalga enerjisi kullanılan yöntemler) boyanması ve bu boyamaların liflerin haslık, mukavemet ve elastikiyet değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, %100 PTT ve PBT iplikleri kullanılarak üretilmiş kumaşlar, konvensiyonel, mikrodalga, ultrasonik banyo ve ultrasonik homojenizer yöntemleri kullanılarak dispers boyarmaddeler ile boyanmıştır. Bu kullanılan yöntemlerin ve boyama koşullarının liflerin mukavemet ve elastikiyet değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde PTT ve PBT liflerinin üretim aşamaları, özellikleri, kullanım alanları hakkında bilgi verilecektir. Ayrıca liflere uygulanan terbiye işlemleri hakkında literatür bilgisi de verilecektir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde kumaşların boyanması için kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilecektir. Dördüncü bölümde ise yapılan çalışma ile ilgili materyal metod anlatılacaktır. Çalışmanın beşinci bölümünde elde edilen bulgular verilecek ve son olarak altıncı bölümde sonuçlar değerlendirilecek ve karşılaştırılacaktır.

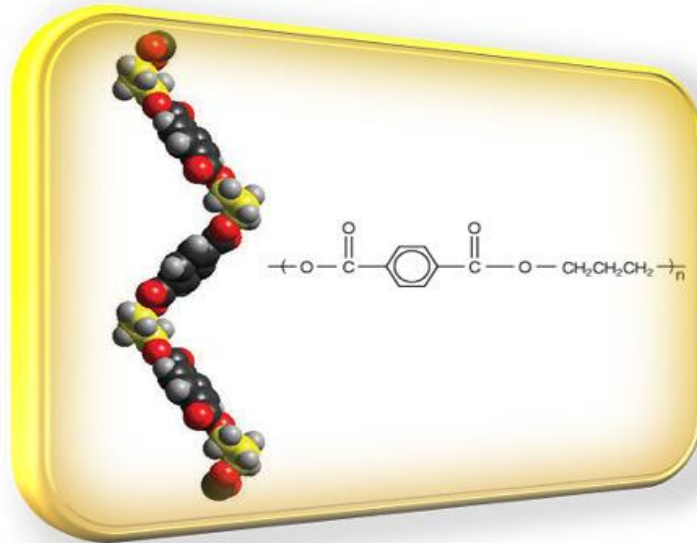
2. PTT VE PBT LİFLERİNİN ÜRETİMİ, LİF ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Aromatik poliesterler arasında yer alan Poli (trimetilen tereftalat)(PTT) ve Poli(bütülen tereftalat) (PBT) lifleri, iyi elastikiyet özellikleri sayesinde elastik poliesterler olarak bilinen liflerdir (Yıldırım ve diğ. 2012a, Deopuno ve diğ. 2008). Bu bölümde bu liflerin üretimleri, lif özellikleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilecektir. Ayrıca liflerin PET lifi karşılaştırılması da verilmiştir.

2.1 PTT Liflerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları

2.1.1 PTT'nin Genel Yapısı ve Sentezlenmesi

Birim molekül ağırlığı 206 olan Poli(trimetilen tereftalat) (PTT), Dimetil Tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ile 1,3-propan diol (PDO)'un polikondenzasyon reaksiyonları sonucu üretilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Chan ve diğ. 2012). PTT'nin kimyasal formülü ve yapısal görüntüsü Şekil 2.1'de verilmiştir (DuPont 2014, Kurian 2005, Brown ve diğ. 2011).



Şekil 2.1: PTT'nin Yapısı

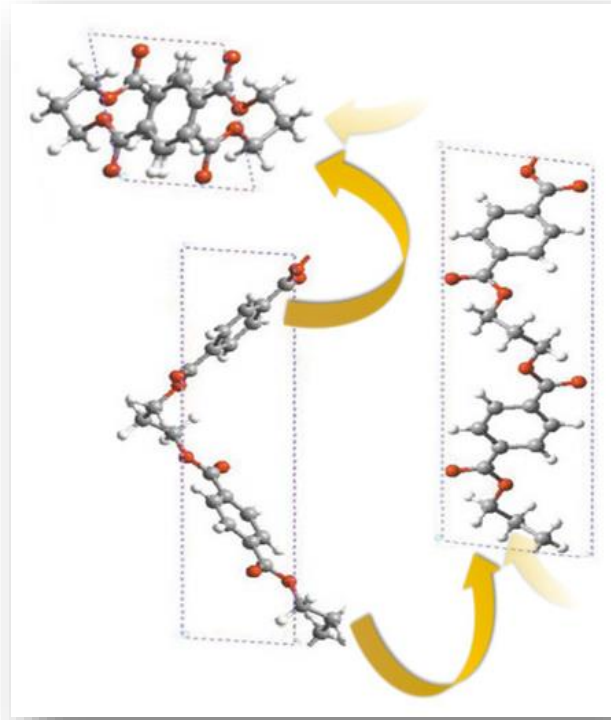
Genellikle PTT polimerinden PTT lifi elde edilirken eriyikten lif çekimi yöntemi kullanılmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Kotek ve diğ. 2004). Eriyikten lif çekimi yönteminin uygulanması sırasında PTT’de PET gibi hidroliz ile bozunmaya karşı hassas bir özellik sergilemektedir ve PTT’de ekstrüksüyondan sonra kuru işleme ihtiyaç duymaktadır. Dikkat edilmesi gereken husus PTT liflerine uygulanan kuru işlemden kurutma sıcaklığı 150°C’yi geçmemelidir. PET’in eriyikten lif çekimi yöntemi ile üretiminin PTT’ye uyarlanması sırasında lif çekimi ve sarılması esnasında erime sıcaklığına, camlaşma sıcaklığına ve yapısal elastikiyet gibi özelliklere dikkat edilmeli ve bunlar mutlaka hesaba katılmalıdır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Thiele 2002). Lif özellikleri çekim şartlarına bağlıdır, bu nedenle lif çekimi sırasında gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Ayrıca düzgün çekim şartları liflerin fiziksel özelliklerini geliştirmeye katkı sağlayacaktır. PTT liflerinin çekim şartları hakkında çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Brown ve diğ. 2001, Lyoo ve diğ. 2001, Wu ve diğ. 2002, Chuah 2004).

Poli-karışım uygulamaları sentetik lif ve plastik endüstrilerinde önemlidir. Polimerler, polikarışım oluştururken iki tip davranış (*karışır veya karışmaz olmak üzere*) sergilemektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Shu ve Hsiako 2006). Her ikisi de kristalleşebilen polimerlerden oluşan ikili karışımlar genellikle karıştırılmaz özelliklerdedir. Fakat polimerler, polar veya moleküller arası etkileşimi çok benzer kimyasal yapılar sergiliyor ise bu polimerler ile kısmi karışımlar gerçekleştirilebilmek mümkündür (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Castellano ve diğ. 2006). Bikomponent terimi de genellikle lif ve kumaş dokusu üretilirken ayrı birimlerde çekilmiş iki polimerin bir lif oluşturmak amacıyla birlikte işlendiği durumlarda oluşan lifleri adlandırmak için kullanılır. Bikomponent lifler dokusuz tekstil yüzeyi endüstrisinde meltblown ve spunbond üretim süreçleri için en çok tercih edilen lifler arasındadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Zhang ve diğ. 2002). PTT liflerinin oluşturduğu karışımlar ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar görmek mümkündür (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Shu ve Hsiako 2006, Han ve diğ. 2011, Chang ve diğ. 2004, Marcinicin ve diğ. 2006, Zou ve diğ. 2009, Zou ve diğ. 2010, Zou ve diğ. 2006, Xue ve diğ. 2010, Wu ve Lin 2004, Arasteh ve diğ. 2014, Pade ve diğ. 2013, Szymczyk 2009, Karayannidis 2003).

Çeşitli yöntemlerle çekilmiş PTT liflerinden dokuma, örme veya dokusuz tekstil yüzeyi formunda çeşitli kumaşlar üretmek mümkündür (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Brown ve diğr 2011, Zhang ve diğ. 2002, Lou ve diğ. 2010, Zhao ve diğ. 2012). PTT liflerinin sahip olduğu elastiki özellikler ve atmosferik koşullarda kolay boyanabilme yeteneği, liften üretilen kumaş formlarına da aynen yansımaktadır. Elastik liflerin kumaşlarda kullanılması ile giysinin vücut hareketlerine karşı gösterdiği dirençten kaynaklanan rahatsızlık azaltılarak kumaşların germe ve elastiki geri dönme kapasiteleri geliştirilebilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Lou ve diğ. 2010).

2.1.2 PTT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Poli(trimetilen tereftalat) (PTT) ilginç bir kristal yapıya sahiptir. Tekrar eden kristal sistemi üç eksenli olan PTT'nin zincirleri ac ve bc düzlemlerinde sık zikzaklar gibi görünmektedir. Bu zikzaklı yapı, polimer zincirlerine sıkı sarılmış helisel bir form sağlar ve bu sayede zincirler uzama sırasında helezonik yaylar gibi davranabilir (McInyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Kurian 2005). PTT sahip olduğu bu zikzak molekül yapısı sayesinde kolayca bükülebilmekte böylece PTT'nin dış güçlerin tahribatına ve gerilime dayanma yetenekleri yükselmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Zheng ve diğ. 2009). Bilim adamları, PTT liflerinin yüksek elastikiyet ve iyi elastiki geri dönme yeteneklerinin, kristal yapılarındaki spiral şeklinden kaynaklandığını keşfetmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Thiele 2002). PTT kristaline ait birim hücre yapısı Şekil 2.2'de verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Chan ve diğ. 2012, Wang ve diğ. 2001).



Şekil 2.2: Kristal birim hücrede PTT'nin atomik pozisyonu (üstten ve yandan görünümüleri)

PTT ve diğer bazı liflerin önemli fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması Tablo 2.1'de yer almaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Hwo ve diğ. 1998).

Tablo 2.1: PTT ve Diğer Bazı Liflerin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	PTT	PBT	PET	Naylon 6,6	Naylon 6
Erime Sıcaklığı (°C)	225	228	265	265	230
Camlaşma Sıcaklığı(°C)	45-75	25	80	50-90	50
Yoğunluk (g/cm ³)	1,35	0,34	0,40	1,14	1,14

PTT lifinin camlaşma ve erime sıcaklıkları için literatürde çeşitli değerlere rastlamak mümkündür. Lifin camlaşma sıcaklığı (T_g) literatürde 37°C ile 75°C aralığında; 45°C (Deopuno 2008, Kurian 2005, Encyclopedia 2005), 45-60°C (Chan ve diğ. 2012), 55°C (Kurian 2005, Marcinicin ve diğ. 2006), 58°C (Luo ve diğ. 2010, Wang ve diğ. 2001), 46°C (Zhang ve diğ. 2002, Huang ve Chang, 2000), 50-60°C (Parthiban ve Vellingri 2011, Ftc 2014), 45-75°C (Shen ve diğ. 2009), 37-42°C (Wang ve diğ. 2011), 45-65°C (Klančnik 2006), 42-72°C (Pyda ve diğ. 1998) ve 37-45°C aralıklarında (Houck ve diğ. 2001) olabilmektedir. Erime sıcaklığı (T_m) ise literatürde 207°C - 238°C arasında; 207-232°C (Wang ve diğ. 2011), 226 - 229°C

(Parthiban ve Vellingri 2011) ve 215°C (Wu ve diğ. 2002), 225°C (Shen ve diğ. 2009), 227°C (Chan ve diğ. 2012), 228°C (Deopuno ve diğ. 2008, Kurian 2005, Encyclopedia 2014, Ftc 2014), 230°C (Zhang ve diğ. 2002), 237°C (Houck ve diğ. 2001, Pyda ve diğ. 1998), 238°C (Marciniciu ve diğ. 2006) olarak yer almaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b).

PTT polimerinden üretilen lifler de diğer lifler gibi, lifin boyanma özelliklerini önemli ölçüde etkileyen kristalin ve amorf bölgelere sahiptir. Genellikle düzenli yapıya sahip olan birçok yarı-kristal polimer, geleneksel iki-fazlı model (*kristalin ve amorf bölgeleri içeren*) gibi bir modelle kolayca tanımlanamamaktadır. Bu durumda, kristalin ve amorf katmanlar arasındaki interfaz yani 'rijit amorf faz' (RAP), üçüncü bir faz olarak yarı-kristal polimerlerin yapısında önemli kabul edilmeye başlanmaktadır. Yapılmış araştırmalar sonucunda bazı polimerlerde ek ara bileşen olarak RAP'a rastlanmaktadır. Bu olgu, zayıf zincir esneklikleri yüzünden nispeten rijit polimerlerin kolayca RAP formu alabileceği anlamına da gelmektedir. PTT'nin camlaşma davranışın polimerin sahip olduğu RAP formasyonundan önemli ölçüde etkilendiği belirtilmektedir. Rijit amorf bölümlerin artması ve interfaz kalınlığı ile camlaşma sıcaklığı da artmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Hong ve diğ. 2002).

PTT sahip olduğu kristalizasyon oranı sayesinde yüksek derecede kristalli bir yapı sergilemekte ve polimer klasik poliester çözücülerinde kolay kolay çözünmemektedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^b). Fakat PTT oda sıcaklığında hekzafloroizopropanal gibi güçlü çözücüler ile işlem gördüğünde kolayca çözünebilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b). Yani bu durum, PTT lifinin alkalilere karşı dirençli fakat asitlere karşı dirençsiz olduğunu göstermektedir. Saf ve/veya karışım PTT liflerinden oluşmuş kumaşların kullanımında bu noktaya dikkat edilmesi önemlidir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Zheng ve diğ. 2009). PTT lifleri, kahve, hardal, kırmızı asit boyaları ve diğer lekelerle karşı dayanıklılığa sahip olmasının yanında düşük elektriklenme özelliğine sahiptir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b). PTT liflerinin optik özellikleri PET liflerinin optik özelliklerine benzemektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Houck ve diğ. 2001). Poliesterlerin sahip olduğu yüksek kırılma indisi değerleri, liflerden canlı ve parlak renkler elde etmeyi her zaman mümkün kılmamaktadır (Yıldırım ve diğ.

2012^b). PTT'nin kırılma indisi değerleri ile ilgili olarak literatürde; 1.515 (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Brown ve diğ. 2001), 1.57 (Kurian 2005) ve 1.638 (nano PTT lifinin) (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Xing ve diğ. 2008) gibi değerler görmek mümkündür.

PTT'nin sahip olduğu uzamadan sonra iyi geri dönme özelliği ile naylonun bu özelliği birbirine benzerdir. Diğer poliesterlerle kıyaslandığında PTT lifi uzamadan sonra daha yüksek bir elastiki geri dönme özelliği sergilemektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014). PTT ipliği, ipliğe uygulanan %120'ye kadar uzamadan sonra %100 geri dönme değeri sergileyebilmektedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^b). Bu özellik PET lifi ile karşılaştırıldığında çok daha iyi ve Naylon 6,6 lifi ile karşılaştırıldığında ise 2-3 kat daha iyi sonuçlar sergiler. Esneklik, tekstil ve halı lifleri için değerli ve önemli bir özelliktir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^b).

Halı uygulamalarında lifin esnekliği ve mukavemeti önemlidir. Ayrıca yumuşaklıkta giyim ve halı sektörü için önemli diğer bir özellik olarak sayılabilir. Uzama ve elastiki geri dönme özellikleri de giysilerin konforunu geliştirmek için önemlidir ayrıca onların şekillerini ve görünümelerini muhafaza etmelerini sağlayan özelliklerdir. Halı dayanımını ve esnekliğini ölçmek için çeşitli standartlarda testler bulunmaktadır. Bu testlerden biri de "Hexapod Kullanım Testi"dir. Bu test standardı ile yapılmış bir teste göre PTT lifinden yapılmış bir halının performansı PET lifinden yapılmış bir halının performansından iyi bulunmuştur (Ftc 2014).


PTT lifi yukarıda da değinildiği gibi kaynama sıcaklığında (100°C) ve atmosferik basınç altında carriere ihtiyaç duyulmadan kolaylıkla boyanabilmektedir. PTT ve naylon bazı seçilmiş boyarmaddelerle boyandıklarında karşılaştırılabilir renk haslığı değerleri sergilemektedir. Ayrıca, PTT lifinin basınçlı boyama şartları altında boyanması sonucunda daha fazla renk tonu kullanılabilen ve bu da tasarımcıların daha fazla renk seçeneğine sahip olmasına yardımcı olmaktadır (Encyclopedia 2014, Houck ve diğ. 2001, Broadbent 2001).

PTT lifleri tüm performanslarına ek olarak çeşitli çevresel faydalar sağlayabilmektedir. Petrokimyasallar yerine yenilenebilir kaynaklı maddelerin birleşiminden üretilen PTT polimeri (*bio-PDO ile üretilen*) petrole olan bağımlılığı azaltmaya yardımcı olabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, DuPont3 2011). Sürdürülebilir

kaynaklardan üretilen PTT lifleri çevre-dostu kabul edilebilir (Reddy ve Yang 2015).

PTT lifine ait bu fiziksel ve kimyasal özelliklerin nihai ürüne potansiyel yansıması Tablo 2.2’de gösterilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Elliot and Cisneros 2005).

Tablo 2.2: PTT Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Son Kullanım Ürünlerine Yansıması

Polimer Özellikleri	Özelliklerin Son Kullanıma Yansıması
PTT’nin Kimyasal Yapısı	
Reaktif Alan İçermemesi	Asit tabanlı maddelere karşı lekelenme dayanımı
Yapısı ve Esnek Molekül	Statik yük birikimini en aza indirmek
Düşük Su Absorpsiyonu	Kolay kuruma
PTT’nin Fiziksel Yapısı	
Sarmal Yapı 	Elastiki Geri Dönme
Düşük Modül	Yumuşaklık Dökümlülük Esneklik
Düşük T_g	Kolay ısı işlem Kolay boyanabilirlik

2.1.3 PTT’nin Kullanım Alanları

PTT lifinin sağladığı rahatlık hissinin, doğal lekelenme dayanımının, iyi aşınma performansının, antistatik özelliklerin ve en önemlisi de kolay bakım özelliklerinin onu halı üretiminde tercih edilir bir lif haline getirdiği belirtilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014, PTTFibres 2011). PTT lifi kullanılarak ayrıca, günlük kullandığımız giysileri, giyime-hazır streç giysileri, mayoları, aktif ve iç giyim kıyafetlerini, iç astarını, ev ve otomotiv döşemeliklerini, perdelikleri, çarşaf ve yastık kılıflarını, duvar kaplamalarını, ayrıca dokusuz tekstil yüzeyleri ve şemsiye kumaşlarını üretmek mümkündür (Şekil 2.3) (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Encyclopedia 2014, Swicofil 2011). Tekstil dışında PTT polimerinden suni deri, fermuar kopçası, raket, müzik enstrüman teli, peynir ambalajı, kanca ve halka bağlantıları, manyetik kayıt diskisi, elektrik konnektörü ve elastik şeffaf film gibi endüstriyel ürünlerde üretilebilmektedir (Deopuno ve diğ.

2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b). Şekil 2.3 aşağıda verilmiştir (DuPont4 2014, DuPont5 2014, DuPont6 2014, Jaysfloorsandmore 2014).

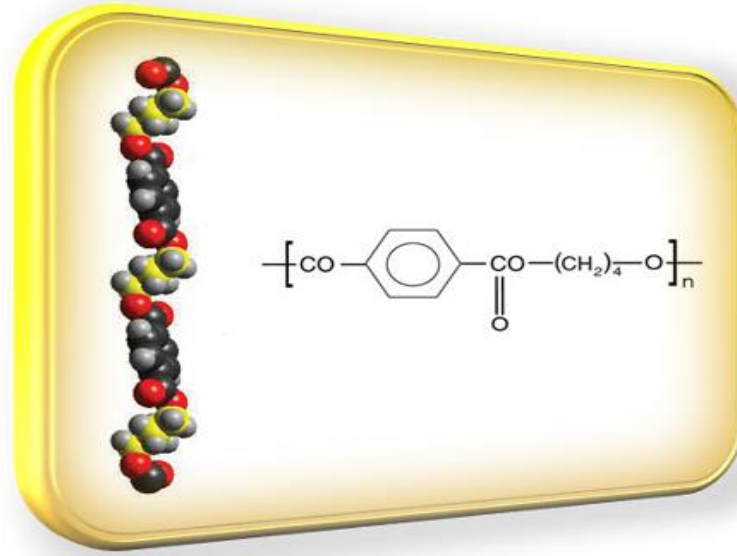


Şekil 2.3: PTT'den Üretilen Bazı Ürünler

2.2 PBT Liflerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları

2.2.1 PBT'nin Genel Yapısı ve Sentezlenmesi

Tekrar eden birimlerinin ağırlığı 220 olan poli(bütilen tereftalat) (PBT), dimetil tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ile 1,4-bütandiol (BDO)'un polikondenzasyon reaksiyonları ile üretilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT'nin molekül ve kimyasal formülü Şekil 2.4'de verilmiştir (DuPont 2014, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006, Textile Handbook 2014).



Şekil 2.4: PBT'nin Kimyasal Formülü

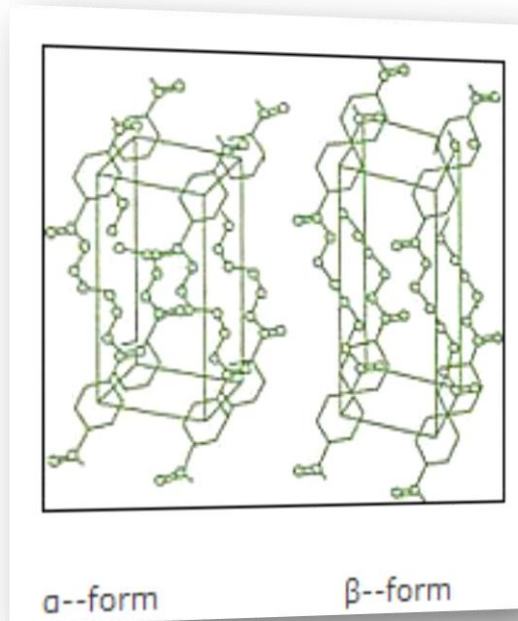
PBT polimerinin sentezlenme aşamaları PET polimerinin sentezlenme aşamalarına benzemektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT'nin sentezlenmesinde BDO ile PTA'nın veya BDO ile DMT'nin polikondenzasyon reaksiyonlarını içeren iki yol kullanılır. PBT lif çekimi için kullanılan parametreler, PTT lif çekimi için kullanılan parametrelere çok benzerdir. Her iki polimerde yaklaşık 250°C'de eriyikten lif çekimi işlemi sonucunda üretilebilmektedir. Bu işlemin ardından PBT'ye uygulanan germe-çekme işlemi de geleneksel biçimde uygulanan germe-çekme işlemine benzerdir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c).

Tekstil endüstrisinde eriyikten lif çekimi yöntemi ile üretilmiş lifler filament (kesiksiz) veya şapeli (kesikli) olarak çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Bu uygulamalardan biri de halı üretimidir. Zimmer firmasının ürettiği PBT ipliği, poliamid (PA) hacimli sürekli filament (BCF) halı ipliği ile aynı makinelerde üretilebilmektedir. PBT ipliğinin üretimi sırasında direkt olarak eriyikten veya alternatif olarak cipsten lif çekimi işlemleri uygulanabilmektedir. Daha sonra bu ipliklere tekstürizasyon işlemi uygulanmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Chuah 2004). PBT ipliklerinin nem geri kazanımları düşüktür ve iyi krimp dayanımına sahiptir, buda BCF üretimi için önemlidir (Deopuno ve diğ. 2008). Poliester-poliester karışımları oluşturmak için kullanılan eriyikten lif çekimi işlemi sırasında polimerlerin uyumlarını ve karışabilirliklerini geliştirmek için ester-değiştirme

reaksiyonları uygulanmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Castellano ve diğ. 2006). PBT liflerine uygulanan polimer karışımları ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Zou ve diğ. 2009, Zou ve diğ.2006, Kovaleva ve diğ. 2006, Chou ve diğ. 2001, Yu ve diğ. 2003). Elde edilen PBT liflerinden örme, dokuma veya dokusuz tekstil yüzeyi formunda birçok kumaş elde etmek mümkündür. PBT liflerinden üretilen kumaş formları ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c,Verdu ve diğ. 2009, Zhu ve diğ. 2006, Chen ve diğ. 2005, Cao ve diğ. 2011, Kim ve diğ. 2009, Liu ve diğ. 2013).

2.2.2 PBT'nin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

PBT, kristal yapısı mekanik gerilim uygulandığında değişebilen, her iki formu da üç eksenli, α – form ve β – form gibi iki farklı form içermektedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT'nin sahip olduğu iki forma ait görüntüler Şekil 2.5'de verilmiştir (Fenc 2014). PBT'nin sahip olduğu bu iki formdan sadece germe-çekme işleminden sonra var olanı β – formudur. İki form arasında gevşeme ve gerilim sırasında dönüşüm gerçekleştirilebilmektedir. Eğer gerilim %12'den fazla olursa β – formu oluşmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Pillin ve diğ. 2001).



Şekil 2.5: PBT'nin α – form (gevşemiş) ve β – form (gergin) Görüntüleri

PBT liflerinin sahip olduğu bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin diğer lifler ile karşılaştırılması Tablo 2.3’de verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lurgi 2011).

Tablo 2.3: PBT ve Diğer Bazı Liflerin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	PBT	PTT	PET	PA6.6	PA6
Yoğunluk (amorf) (g/cm ³)	1,286	1,277	1,335	1,090	1,110
Yoğunluk (kristalin) (g/cm ³)	1,390	1,387	1,455	1,240	1,230
Erime Noktası (°C)	224	228	260	265	220
Camlaşma Sıcaklığı (°C)	20-40	45-55	70-80	50-90	40-80

PBT’nin sahip olduğu fiziksel özellikler ile ilgili olarak literatürde çeşitli değerler bulunmaktadır. PBT’nin sahip olduğu kristalin bölge yoğunluğu; 1,395 g/cm³ (Deopuno ve diğ. 2008), 1,396 g/cm³ (İtaki ve Arakawa 2011), 1,34 (Chan ve diğ. 2012) ve 1,33 g/cm³ (McIntyre 2004) aralığında, amorf bölge yoğunluğu ise literatürde; 1,265-1,268 g/cm³ (Deopuno ve diğ. 2008) aralığında, 1,282 g/cm³ (İtaki ve Arakawa 2011), ve 1,26 g/cm³ (McIntyre 2004) olarak verilmiştir. PBT’nin diğer önemli özelliklerinden biri olan camlaşma sıcaklığı da literatürde 20 ile 47°C aralığında; 25°C (Deopuno ve diğ. 2008, Chan ve diğ. 2012), 45°C (McIntyre 2004, Chou ve diğ. 2001), 35°C (Zhou ve diğ. 2009) olarak ve 40-45°C (Pillin ve diğ. 2001), 46-48°C (Huang ve Chang 2000, Lapkovskii ve diğ. 2006), 20-40°C (Klancnik 2006), 44-47°C aralıklarında (Kovaleva 2006) bildirilmektedir. PBT’nin erime noktası ise literatürde 221 ile 229°C aralığında; 225°C (Deopuno ve diğ. 2008), 222-224°C (McIntyre 2004, Chou ve diğ. 2001, Yu ve diğ. 2003), 221-226°C (Pillin ve diğ. 2001), 224°C (Lapkovskii ve diğ. 2006), 228°C (Chan ve diğ. 2012) ve 225-229°C aralığında (Kovaleva 2006) yer almaktadır.

PBT’nin kimyasal kompozisyonu PET’in kimyasal kompozisyonundan çokta farklı değildir. Fakat PBT’nin sahip olduğu yüksek kristalleşme oranı ve düşük erime sıcaklığı PET’in ilgili özelliklerinden oldukça farklıdır (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c). Doğası gereği PBT lifi PET’den çok daha beyaz. PBT yapısal olarak sahip olduğu dört karbon diol birimi sayesinde termal bozunma sırasında karşılaşılan solma olayından zarar görmemektedir. Ayrıca, PET’den çok daha elastik olan PBT lifi, iyi esneme ve elastiki geri dönme özellikleri sergilemektedir. PET’in aksine PBT basınca ihtiyaç duymadan kaynama noktasında dispers boyalarla kolayca boyanabilmektedir (McIntyre 2004, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT, iyi ısı ve giyilme dayanımı yanında oldukça iyi esneklik,

elektriksel özellikler, yüksek parlaklık ve doğal kayganlık gibi özelliklere sahiptir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT'nin su emilimi 24 saatten sonra %0,1'den daha azdır fakat PBT'nin 52°C üzerindeki sulu çözeltiler içinde uzun süreli bulunması tavsiye edilmemektedir. PBT doğası gereği deterjanlara, zayıf asit ve bazlara, florlu hidrokarbonlara, alifatik hidrokarbonlara, alkollere, ketonlara, etilen glikole (MEG), karbon tetrakloride, ortam sıcaklığındaki sıvı ve katı yağlara karşı yüksek dayanım göstermektedir (Deopuno ve diğ. 2008).

PBT polimeri tekstilde birçok uygulama alanında kullanılabilir. PBT polimerinden üretilen tekstil filamentlerinin ve diğer bazı filamentlerin önemli özelliklerinin karşılaştırıldığı .

Tablo 2.4 aşağıda verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lurgi 2011).

Tablo 2.4: PBT Filamentinin Bazı Özelliklerinin Diğer Filamentlerin Özellikleri ile Karşılaştırılması

Filament Özellikleri	PBT	PET	PTT	PA6.6	PA6
Mukavemet	+	+(+)	+	++	++
Boyanabilirlik	+(+)	(+)	+(+)	++	++
Elastiki Geri Dönme	++	(+)	++	+	+
Klor Dayanımı	++	+	+(+)	+	+
Isıl İşlenebilirlik	-	++	+(+)	+	+
Sıcak Alkalilere Karşı Dayanım	-	++	++	++	+
Kıvrımlılık	++	(+)	++	+	+
Boyutsal Stabilite/Çekme	(+)	++	(+)	+(+)	+(+)
Elastikiyet, Kuru	++	(+)	++	+	+
Elastikiyet, Yaş	++	+	++	(+)	(+)

++ iyi/güçlü ; + vasat ; - kötü/zayıf

2.2.3 PBT'nin Kullanım Alanları

PBT lifleri, halılarda, spor giysilerde, iç giyimde, çorapta ve mayoda kullanılabilir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c). PBT lifleri sahip oldukları elastikiyet ve iyi elastiki geri dönme ayrıca yüksek mukavemet gibi özellikler sayesinde mayoların, iç giyim ürünlerinin ve çorapların üretiminde tercih edilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Zimmer 2011). Liflerin mayo üretiminde kullanılmalarının diğer sebepleri de sahip oldukları stabilite ve iyi klor dayanımı özellikleridir (Şekil 2.6) (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Kiefer

2014, paradowskisswim 2014, Eevery 2014, Tepar 2014, Plastics 2014, Pbyarn1 2014, Pbyarn2 2014). PBT liflerinin halı ipliklerinde tercih edilmelerinin sebepleri ise, yüksek elastikiyet, havın geri dönme kabiliyeti, atmosferik şartlarda carriersiz boyanabilme, çok iyi leke-dayanımı ve yün benzeri his olarak sayılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Zimmer 2011). PBT iplikleri yüksek giyim konforu sağlamaları nedeniyle kot kumaşlarında kullanılabilir (Grieve ve diğ. 2006).



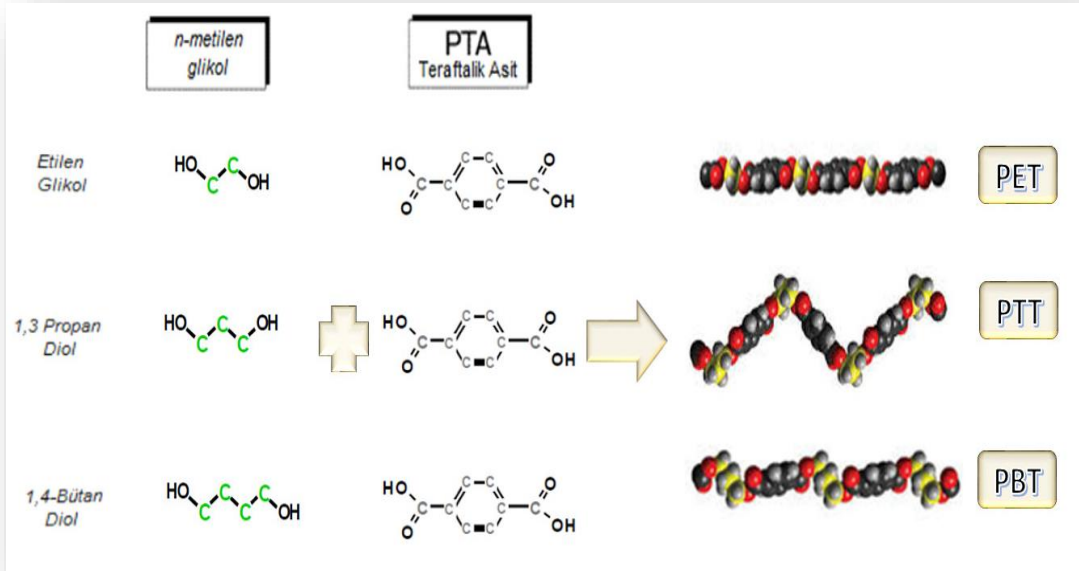
Şekil 2.6: PBT'nin Bazı Kullanım Alanları

Tekstil uygulamaları dışında PBT kalem barellerinde, diş fırçası kılı üretiminde, fırçalarda, dayanıklı fermuarlarda, saç kurutucularında, cep tipi hesap makinelerinde, ev tipi ütü ve tost makinelerinde ve mutfak robotu bıçaklarında ayrıca, mühendislik plastiği olarak, otomotiv endüstrisinde ve elektrik/elektronik endüstrisinde de kullanılabilir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Textile Handbook 2014, Zimmer 2011).

2.3 PET, PTT ve PBT Liflerinin Karşılaştırılması

PET, PTT ve PBT aromatik poliesterler sınıfına ait üç farklı polimerdir. Her bir tereftalat birimi arasında sırasıyla PET iki adet, PTT üç adet ve PBT dört adet

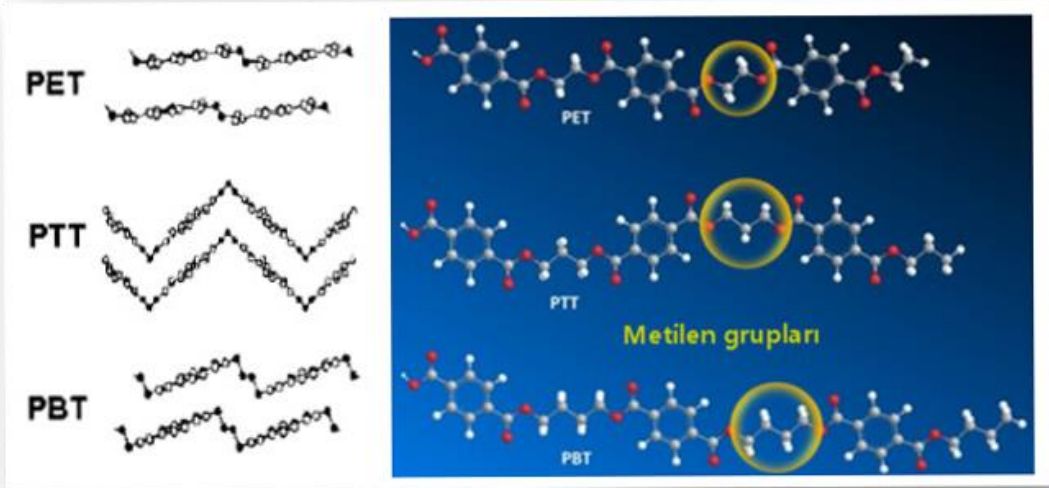
metilen birimi içermektedir (Şekil 2.7 (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Swicofil 2011). Bu birimler PTT, PBT ve PET'in fiziksel ve kimyasal yapısını etkilemektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Houck ve diğ. 2001, Reddy ve Yang 2015). PET'in sahip olduğu büyük molekül zinciri gerilimli bir yapı sunmakta ve küçük bir gerilim moleküle tamamen yayılmaktadır. Bu nedenle PET'in uzamadan sonra elastiki geri dönme özelliği kötüdür (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Zheng 2009). Bu üç poliesterin elastiki geri dönme özellikleri PTT > PBT > PET şeklinde sıralanmaktadır (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c).



Şekil 2.7: PTT, PET ve PBT'yi Oluşturan Hammaddeler

PTT filamentinin başlangıç modülü ve mukavemet değerleri PBT ve PET filamentlerinden daha düşüktür (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Chen ve Tang 2004). PTT filamentlerinden üretilen kumaşlar, PET filamentlerinden üretilen kumaşlardan çok daha iyi bir bükülebilirlik özelliğine sahiptir. Ayrıca PTT filamentleri yüksek elastikiyete ve iyi elastiki geri dönme oranına da sahiptir (Zheng 2009). PTT filamentlerinin yüksek uzamalarda bile ani elastiki geri dönme değerleri, PET ve PBT filamentlerinin değerlerinden oldukça yüksektir. Yine PTT filamentlerinin kopma uzaması değeri de, PBT ve PET filamentlerinin kopma uzaması değerlerinden daha yüksektir. Bu durum PTT filamentinin PET ve PBT filamentlerinden daha yumuşak bir tutuma sahip olmasını

sağlamaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Chen ve Tang 2004). PTT, PBT ve PET'nin yapısal görüntüleri Şekil 2.8'de verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^b, Yıldırım ve diğ. 2012^c, Vartest 2014, Lyoo ve diğ. 2001, Ftc 2014).



Şekil 2.8: PET (2GT), PTT (3GT) ve PBT (4GT)'nin Birim Hücrelerinin Yapısal Görüntüsü

3. PET, PTT ve PBT LİFLERİNE UYGULANAN TERBİYE İŞLEMLERİ

3.1 Poliester (PET) Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri

Poliester liflerine uygulanan boyama işlemleri genellikle ön işlemlerden (yıkama, ağartma, ağırlık kaybı için alkali ön işlemler vb, ısıl işlem), boyamadan (liflerin boyanması, redüktif yıkama) ve/veya bitim işlemlerinden oluşmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Hawkyard 2004). Poliesterlerin boyanmasında uygulanacak ön işlemler veya hazırlanma metodları, işlemlerde kullanılacak substratların formuna bağlıdır.

3.1.1 Ön İşlemler

Uygulanan ön işlem haşılın, işlem katkılarının ve genel kirlerin (gres yağı gibi), işaretleme kalem mürekkebinin yok edilmesini ve lif yüzeyinin renginin belirlenmesini sağlamaktadır. Poliester filament ipliklerinden üretilmiş örülmüş ve dokuma kumaşlarda, gevşeme ve hacim kazanmaya da yardımcı olur (Hawkyard 2004).

Temizleme işlemi için 60°C'lik bir sıcaklık yeterlidir. PET liflerinin üzerinde işlem katkıları, yumuşatma ajanları ve büküm yağları gibi kimyasallar bulunuyorsa non-iyonik deterjan ihtiva eden ağartma banyosuna gereksinim duyulmaktadır. Eğer bu kimyasallar gereği gibi uzaklaştırılmazlarsa, depo edilirler ve daha sonraki adımlarda kumaşlar üzerinde lekelere neden olurlar. Temizlemeden sonra gelen ön işlemlerde sadece haşılın, işlem katkılarının ve kirleticilerin uzaklaştırılması sağlamaz, aynı zamanda hacmin geliştirilmesi de sağlanmış olur. Ağartma işlemi, %100 poliester kumaşlarda genellikle seyrek olarak gereklidir, eğer üretim sırasında yüksek seviyede beyazlık isteniyorsa bu işlem uygulanabilir (Hawkyard 2004).

3.1.2 Poliesterlerin Boyanması

Poliester lifleri (PET), ilk üretildiklerinde boyanmaları konusunda önemli zorluklarla karşılaşmıştır. Poliesterler, o günün tekstillerini renklendirmede yaygın olarak kullanılan suda-çözülebilir boyalar, direkt, asidik ve bazik boyalara karşı afinite göstermemiştir, çünkü selüloz (*hidroksi grupları*) ve protein (*amino grupları*) lifleri gibi reaktif gruplar içermemektedir (Deopuno ve diğ. 2008). Ayrıca poliester lifleri yüksek kristaliniteye sahiptir ve belirgin hidrofob özellik sergilemeleri büyük moleküllü boyarmaddelerin elyaf içine nüfuz etmesini engellemektedir. Bu nedenlerle poliesterleri boyamak için hidrofil boyarmaddeler uygun değildir (Uğur 2004). Boyarmaddelerin sadece bir ana grubu poliesterlerin renklendirilmesine daha uygun bulunmuştur. Bu boyarmadde türü dispers boyarmaddelerdir (*poliesterlerin boyanmasında %95'i aşan bir payla*) (Deopuno ve diğ. 2008, Uğur 2004).

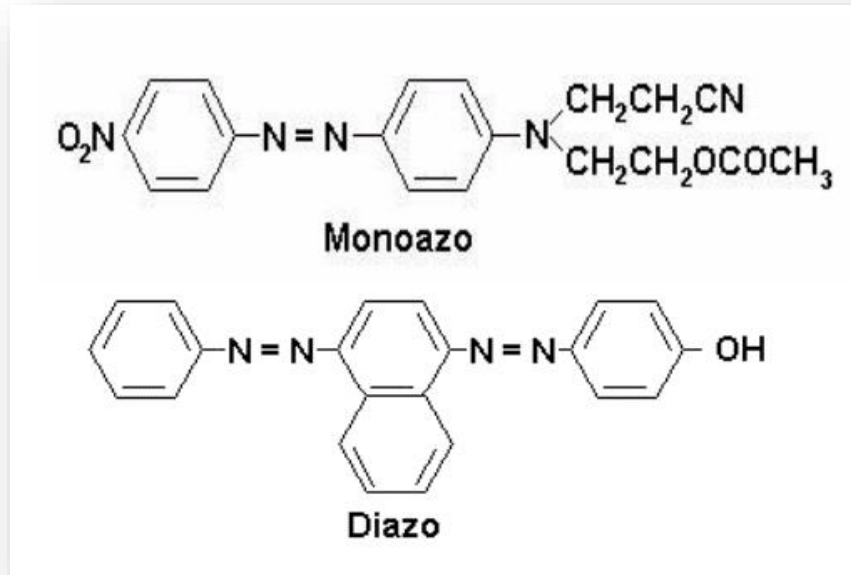
3.1.2.1 Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyarmaddeler, Ellis tarafından 1923 'te selüloz asetat liflerini boyamak için geliştirilmiştir. Daha sonra bu dispers boyarmaddeler poliesterleri boyamak için kullanılmıştır (Deopuno ve diğ. 2008). Bu boyarmaddeler, poliamid, akrilik, poliolefin ve polivinilklorür liflerinin boyanmasında da kullanılan ve sentetik lifler için en önemli boyarmadde sınıfını temsil etmektedir. Dispers boyarmaddeler oda sıcaklığında suda çözünmez ayrıca, küçük parçacıklı ve hidrofobik liflere substantiviteye sahiptir. Bu boyarmaddeler süblime olma özelliği taşıyan (*katı halden direkt gaz haline geçme*) tek boyarmadde grubudur (Uğur 2004, Uğur 2007, Ertuğrul 2004).

Bugün yaklaşık 250'si Colour Index (CI) numarası ile adlandırılmış olmak üzere 750'ye yakın dispers boyarmadde bulunduğu bilinmektedir. Bu boyarmaddelerin %30'a yakını mavi rengi, %25'i kırmızı rengi, %20'si sarı rengi, %8'i violet ve oranj renkleri ve %3'ü de kahverengi rengi vermektedir. Dispers boyarmaddeler ışık, ısı/süblimasyon haslıkları ve toplam boyama özelliklerine göre dört ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma içinde boyarmaddelerin düşükten yükseğe doğru enerji tipleri de bulunmaktadır (Uğur 2004). Dispers

boyarmaddelerin (SDC) sınıflandırması, boyama sırasında migrasyon yeteneklerini, renk oluşturma, sıcaklıkta hassasiyet değişimlerini ve boyama oranlarını temel almaktadır. Bu boyalar sık sık boyama oranları ve süblimleşme haslıklarını temel alarak sınıflandırılırlar. Bu iki özellik, boya molekülündeki molekül ağırlığının fonksiyonu ve polar gruplarının sayısıdır (Broadbent 2001).

Dispers boyarmaddelerin yaklaşık olarak %60 'ı azo (%50'si *mono-azo*, %10'u *di-azo*) ve %25'i antrokinon yapıya sahiptir (Ertuğrul 2004). Azo grubu, dispers boyarmaddelerin geniş bir bölümünü oluşturmaktadır. En önemli renk tonları; sarı, turuncu ve kırmızıdır, bununla birlikte, mor, mavi ve siyahları da iyi bilinir (Hawkyard 2004). Azo Boyarmaddelerin kimyasal yapısına örnekler Şekil 3.1'de verilmiştir (Uğur 2004).



Şekil 3.1: Monoazo ve diazo dispers boyarmaddelerinin kimyasal formülü

Antrokinon sınıfı boyarmaddelerde, dispers boyarmaddelerin ikinci büyük sınıfını oluşturmaktadır. En iyi bilinen renk tonları; pembe, kırmızı, mor ve mavidir. Düşük molekül ağırlıklı boyarmaddelerin difüzyonu daha hızlıdır. Sonuç olarak, bu boyarmaddelerin difüzyonu yüksektir ve bu nedenle yıkama haslığı değerleri genellikle zayıftır (Hawkyard 2004). Antrakinon boyarmaddelerin kimyasal yapısı Şekil 3.2'de verilmektedir (Uğur 2004).



Şekil 3.2: Antrakinon dispers boyarmadde örneği

Dispers boyarmaddeler ortamın pH'ına karşı oldukça hassastır. Eğer dispers boyarmaddeler ile boyama yaparken eğer ortam pH'ı nötr değerlerden alkali değerlere doğru kayarsa boyarmadde hidroliz olmaya başlar. Bu durumda hidroliz olmuş boyarmadde poliester liflerine karşı farklı afinite gösterir ve farklı tonda görünür. Alkali ortamda boyama yapılması isteniyorsa boyarmaddelerin karşılaştığı hidroliz olayını engellemek için boya banyosuna uygun bir tampon sistem eklemelidir. Yine pH 5'i geçerse ve boyama ortamında metal iyonları mevcutsa baz azo dispers boyarmaddelerde renk kaybı ile karşılaşılabilir (Uğur 2007).

Dispers boyarmaddeler hidrofob özelliğe sahiptir ve suda çok az çözünebilmektedir. Dispers boyarmaddeler ile poliesterlerin boyanması sırasında boyarmaddelerin dispers durumda tutulabilmesi için banyoda dispersiyon maddeleri kullanılması gerekmektedir (Uğur 2004, Uğur 2007, Atav ve Delituna 2010).

Ticari boyarmaddeler, tozu giderilmiş pudra, dökülebilir granül veya sıvı şekillerde bulunabilmektedir. Sağlık ve güvenlik gibi önemli etkenler yüzünden birçok boyahane sıvı boyarmaddeleri tercih etmektedir. Granüller, 20-30°C de her parça boyaya 5-15 parça yumuşak su eklenecek biçimde dağıtırlar (Hawkyard 2004).

3.1.2.2 Poliesterlerin Boyanma Prosesi

Dispers boyarmaddeler ile poliesterin boyanması esnasında Nernst Izotermine göre, boya banyosunda kalan boya konsantrasyonu poliester lifindeki boya konsantrasyonuna doğru orantılı olacak biçimde, boya banyosu ve poliester lifi arasındaki boya moleküllerinin dağılımı dengede olmalıdır. Boya banyosunda kalan boyanın konsantrasyonunun lifteki boya konsantrasyonuna oranı Nernst dağılım katsayısı ile gösterilir (Hawkyard 2004).

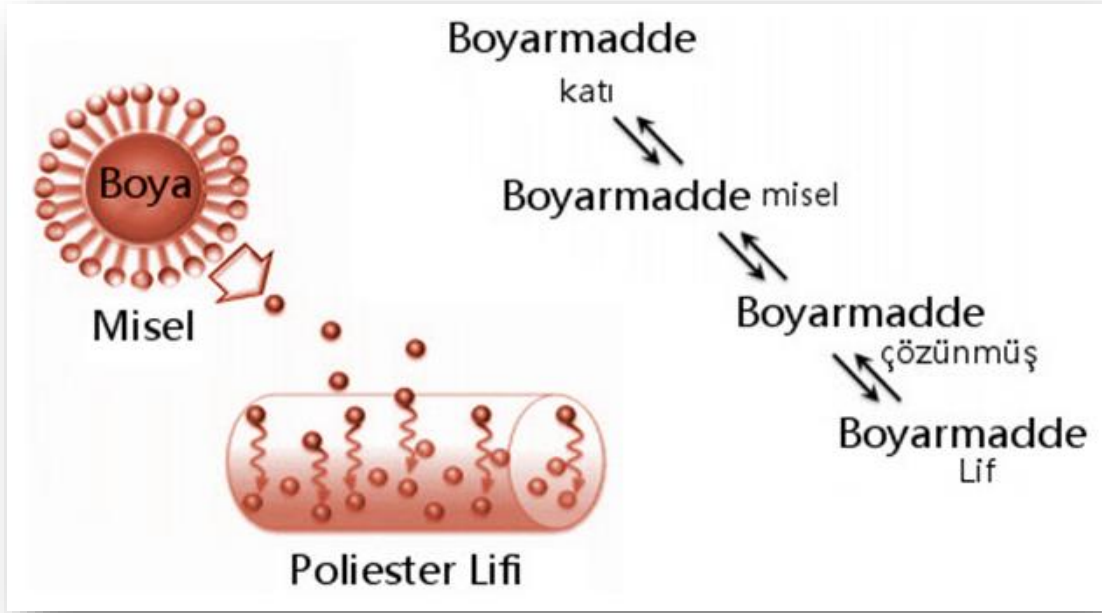
Dispers boyarmaddeler ile poliester liflerinin boyanması aşağıdaki dört adımdan oluşmaktadır:

1. *Boyarmadde boya banyosu içinde çözünmektedir:* Bu durum su içerisinde çözülmüş olan dispers boyarmaddenin çözünürlüğü olarak ifade edilebilir.

2. *Boyarmaddenin difüzyon sınır tabakasının içine difüzyonu:* Bu adımda boyarmadde molekülleri çözültiden lif yüzeyine transfer olur.

3. *Boyarmaddenin, difüzyon sınır tabakası içinden lif yüzeyine tutunması:* Bu aşamada ise difüzyon sınır tabakası içinde difüzyonlanmış bulunan boyarmadde lif yüzeyinde adsorblanmaktadır.

4. *Lif yüzeyine tutunmuş olan boyarmaddenin lif içine difüzyonu ve fiksajı:* Lif yüzeyine adsorplanan boyarmadde molekülleri lifin içine difüze olmaktadır (Şekil 3.3) (Uğur 2004, Uğur 2007, Hauser 2011).



Şekil 3.3: PET Boyama Teorisi

Serbest hacim teorisi (*Free Volume Theory*); Patterson ve Sheldon'un çalışmalarına göre, dispers boyarmaddelerle poliesterin boyanmasında, tek boya moleküllerinin difüzyonu lif yapısı içinde gerçekleşmektedir. Ayrıca hız süreci, boya molekülünün alınabilmesi için lifin kristalin olmayan bölgelerinde boya almak için yeterli büyüklüğe ulaşacak çukurun, elverişli halde kendiliğinden ortaya çıkmasına bağlıdır. Bu bulgular, dispers boyarmadde poliester sistemleri için uygulanabilir, termoplastik lifler içine boyarmaddelerin difüzyonu için serbest hacim teorisinin varsayılmasına yol açmıştır. Bu teoriye göre, lifin segmental hareketinin başlaması sonucu oluşan geçici çukurlara doğru boyarmaddenin difüze olmasına izin veren yeterli termal enerji sisteme sağlanana kadar boyarmadde çözültiden lif yüzeyine doğru çekilmekte ve orada kalmaktadır. Böylece lifin camlaşma sıcaklığında (T_g) ve bu sıcaklığın üstünde, boyarmadde lif üzerinde bir alandan diğerine atlayarak difüze olmaktadır. T_g 'nin altında polimer molekülleri nispeten hareketsiz ve çok küçüktür. T_g geçildiğinde ise lifte yeterli enerji oluşur ve polimer üzerinde hareket edecek bazı kısımlar oluşur. Bu teoriye göre poliester liflerine dispers boyarmaddelerin difüzyonunda lifin T_g 'si en önemli değer olarak verilmiştir ve hangi boya kullanılırsa kullanılsın boya difüzyonu T_g 'de başlamaktadır (Deopuno ve diğ. 2008).

Gulrajani ve Saxena'a göre ise life boyarmaddenin difüzyonunun T_g 'de değil T_d sıcaklığında başlamaktadır. Bu sıcaklık T_g 'den büyüktür;

$$T_d = T_g + \Delta T_{Dye}$$

ΔT_{Dye} boyarmaddenin geometrik özelliklerine ve enerji etkisine bağlıdır ve farklı boyalar için farklıdır. Mitsui ve çalışma arkadaşlarına göre de, su ve diğer organik kimyasallar gibi yumuşatıcı (*plastizer*) maddeler, lifin T_g 'sini düşürmektedir. Boyarmadde ile T_g 'nin düşmesi hem boyarmaddelerin moleküler yapısından hem de polimer-boyarmadde etkileşiminden etkilenmektedir. Bu gözlem, lifin T_g 'sinin boyama boyunca değiştiğini göstermiştir (Deopuno ve diğ. 2008).

Birçok araştırmacı, serbest hacim teorisinde kabul edildiği gibi boyarmadde difüzyonunun polimer zincirlerinin segmental hareketi ile meydana geldiği hipotezini ve ayrıca poliesterler üzerindeki boyarmadde sorpsiyonunun (*emiliminin*), banyo içindeki boyarmadde ve lif üzerindeki boyarmadde arasında lineer bir bağıntı takip ettiği hipotezini desteklemektedir (Deopuno ve diğ. 2008).

Poliester liflerini boyamak zordur. Bu liflerin boyanmasındaki zorlukların nedenleri aşağıda listelenmiştir;

- Lifler hidrofil grup içermediklerinden dolayı oldukça hidrofobik bir karaktere sahiptir,
- Lifler kompakt ve yüksek kristalli bir yapıya ve yüksek bir camlaşma noktasına sahiptir,
- Liflerin yapısında boyarmaddelerin bağlanabileceği fonksiyonel bir grup yoktur.

Bu nedenlerden dolayı bu lifler ya yüksek sıcaklıklarda ya da camlaşma noktasını düşüren carrierler kullanılarak boyanabilmektedir. Poliester liflerinin boyanmasında en çok kullanılan yöntemler olarak carrierli boyama, HT boyama ve Termosol boyama yöntemleri olarak sıralanabilmektedir (Uğur 2004, Ertuğrul 2004, Atav ve Delituna 2010).

3.1.2.2.1 Carrierli Boyama Metodu

Günümüzde PET lifleri daha çok HT şartlarında boyanmaktadır. Ancak bazı ürünlerin kaynama sıcaklığında ve atmosfer şartlarında boyanması gerekebilir. Bu durumda flotteye carrier adı verilen ve boyamayı hızlandırıcı bazı kimyasal maddeler eklenmesi gerekmektedir (Atav ve Delituna 2010). Difenil, o-fenil fenol veya fenil salisilat gibi bazı maddeler boya banyosunda çözündüklerinde poliestere lifleri tarafından dispers boyarmaddelerin adsorpsiyonunu hızlandırıcı etkiler göstermektedir. Bu maddelere carrier veya taşıyıcı adı verilmektedir. Tam olarak carrier maddesinin etkiye mekanizması anlaşılammıştır (Ertuğrul 2004). Carrier uygulanması ile lif yapısında oluşan değişimler hakkında çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. *Lif yapısını gevşetme teorisinde*, carrierlerin lif içine dispers boyarmaddeler ile aynı şekilde absorblandığı belirtilmektedir. Liflerin sahip olduğu şişmiş molekül zincirleri sayesinde boyarmaddelerin polimerler üzerine van der Waals kuvvetleri ve veya hidrojen köprüleri ile emilebildiği belirtilmektedir. *Girilebilen bölgelerde artış teorisine göre ise*, liflerin kompakt yapısı nedeniyle girilemeyen bölgelerini carrierlerin açıp genişlettiği iddia edilmektedir. *Şişirme teorisinde ise*, carrierlerin lifleri şişirdiği kabul edilmiştir (Uğur 2004). Böylece birbirlerine çok yakın bulunan uzun polimer zincirleri uzaklaştırdığı tahmin edilmektedir. Bu sayede daha büyük boyarmadde molekülleri lif içine girebilmektedir (Ertuğrul 2004). *Yağlayıcı etki teorisinde ise*, carrierler polimer moleküllerini bağlayan ve çapraz bağları koparan bir molekül yağlayıcı gibi davranmaktadır. Ayrıca carrier kullanımı ile boya banyosunda da değişimler olduğu ile ilgili çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Bunlar, transfer teorisine, banyoda boyarmaddenin çözünürlüğünü artırma teorisine, filmde boyarmaddenin elde edilebilirliğinin artırılması teorisine, sıvı lif teorisine, su çekmede artış teorisine olarak sayılabilir. İleri sürülen tüm teorilerin benzer yapılardaki carrierlerin farklı dispers boyarmaddeler ile aynı etkiyi göstermemesi üzerine geçerlilik kazandığı da belirtilmelidir. Carrier ile boyama, carrierin boyanmış kumaştan uzaklaştırılmasının zor olması, yüksek fiyatı, lekemelere ve kirletmelere neden olması gibi nedenlerden dolayı sınırlı bir boyama yöntemidir (Uğur 2004).

Poliesterin boyanmasında, doğal liflerinkinden farklı olarak lif boyamada aktif rol oynamaktadır. Bu yüzden segmental hareket başlayınca, boyanın emilim

oranı lifin T_g 'sinin üstüne aniden fırladığında life boyanın hızlı difüzyonu başlamaktadır (Hawkyard 2004).

3.1.2.2.2 HT Şartlarında Boyama Metodu

Poliesterlerin boyanmasında günümüzde en çok kullanılan boyama metodu olarak yüksek sıcaklık yüksek basınç altında gerçekleştirilen HT boyama yöntemi verilebilir (Uğur 2004). Poliester kumaşlar bu yöntem kullanılarak 120 – 130°C'de boyanmaktadır. Ayrıca koyu renklere boyama işlemi carriersiz olarak gerçekleştirilebilir. Böylece hem paradan, hem de zamandan tasarruf sağlamak mümkün olmaktadır (Ertuğrul 2004). Fakat bu yöntemde bile küçük miktarlarda carrier kullanımı tavsiye edilir. Bunun nedeni olarak carrierlerin boyarmaddenin migrasyon özelliklerini geliştirmesi verilebilir (Uğur 2004). Düzgün boyama yapılması güç boyarmaddeler ile çalışılıyorsa, sıcaklığın yükselmesi sonucu migrasyon artacaktır, boyamanın 130°C'de yapılması tavsiye edilir. Fakat düzgün boyama yapacağı belli olan boyarmaddeler ile boyamanın 120°C'nin üzerinde yapılmasına gerek yoktur (Ertuğrul 2004).

60°C'den 130°C 'ye kadar diferansiyel ısıl oranına dayanılarak gerçekleştirilen poliesterin hızlı boyanması, boyama süresinin önemli derecede kısaltılması, yeni hızlı boyama boyaları ve makinelerinin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır (Deopuno ve diğ. 2008).

3.1.2.2.3 Termosol İle Boyama Metodu

“Termosol” ticari adıyla geliştirilen bu metod ilk olarak Du Pont firması tarafından poliester ve poliester karışımı malzemelerin boyanmasını sağlamak için üretilmiş ve patentlenmiştir (Deopuno ve diğ. 2008, Uğur 2004, Ertuğrul 2004). Bu yöntemde dispers boyarmaddelerle kumaş fulardanmakta ve kumaş 180-220°C arasında 45-60 s 'de kurutulmaktadır (Deopuno ve diğ. 2008). Termosol boyama yönteminde, lif çok ince bir dispers boyarmadde tabakası ile çevrelenecek biçimde fulardan geçirilmekte, daha sonra poliester lifi yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak (180-220°C) (*kurutma*), boyarmaddenin lif içerisine difüzyonu sağlanmaktadır. Boyarmaddenin life 200°C'deki difüzyonu 100-120°C 'deki

difüzyonuna oranla yaklaşık 1000 kat daha hızlıdır. Bugün bu yöntem ile en çok poliester/selüloz karışımları boyanmaktadır (Uğur 2004, Ertuğrul 2004).

Burada kullanılan boyarmaddelerin iyi süblimleşme haslığına sahip olması istenmektedir. Bununla birlikte, boyanın yüksek süblimasyon haslığı, boyamada istenilen yüksek operasyon sıcaklığı ve derecelendirmede istenilen yüksek sıcaklık, karışımlarda kullanılan boyarmaddelerin seçilmesi gibi etkenler maksimum boya alımına ulaşabilmek için çok önemlidir (Deopuno ve diğ. 2008).

3.1.2.3 Redüktif Yıkama

Boyama döngüsü tamamlanmadan önce, polimer matrisine dahil olmamış yüzeyde çökmüş boyaların temizlenmesi ile optimum haslık değerleri sağlanır. Yüzeyde yatan boyalar, giysi oluşturulurken kolayca bitişik liflere transfer olabilir. Bunun için yıkamalar yapılmaktadır (Deopuno ve diğ. 2008). Poliesterlerin boyanmasından sonra redüktif yıkamalar önemlidir. Redüktif yıkamanın orta ve koyu renk tonlarındaki boyamalarda haslıkları olumlu yönde etkilediği kanıtlanmıştır (Aniş ve Eren 2003). Redüktif yıkama işleminde indirgen yıkama maddeleri kullanılmaktadır. Bu yıkama maddelerine örnek olarak, hidrosülfid, tioüredioksit, sodyum bisülfid verilebilir. Hidrosülfid maddesi en yaygın kullanılan redüktif yıkama maddesidir. İndirgen yıkama ile elyafa yüzeysel olarak bağlanmış boyarmadde molekülleri suda çözünebilir, renksiz ve daha küçük parçalara ayrılır. Eğer yüzeyden ayrılan boyarmaddelerin tekrar life bağlanması isteniyorsa banyoya dispersiyon maddesi ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (Aniş ve Eren 2003, Balcı 2011).

3.1.2.4 Haslık Özellikleri

Bu liflerin yıkama ve süblimleşme haslıkları, ışık haslığı ile birlikte en önemli haslık özellikleridir. Parça halinde boyanmış kumaşlar boyanın tutulması için boyamadan sonra ısı işlem görürler. Boyanmış dokuma ve örgü kumaşlar yüksek sıcaklıkta yapılan bitim işlemine dayanıklı olmalıdır. Bitim kimyasallarının ve ısı işlemlerin kombine etkileri depolama şartlarının etkileri ile birleştiğinde

poliester boyamaların haslığında negatif etki yapmaktadır. Bu fenomen termomigrasyon olarak bilinmektedir. Bunu en aza indirmek için uygun kimyasallar ve boyalar seçilmelidir (Hawkyard 2004).

3.1.3 Bitim İşlemleri

Boyama ve redüktif yıkama prosesleri tamamlandıktan sonra, kumaşlar miller üzerinde ısıtılardan geçirilerek kurutulur. Ard ısıtılardan işlem sıklıkla istenilen ende boyutsal stabilite sahibi kumaşlar üretmek için ve/veya bir kimyasal bitim işlemi uygulandığında gereklidir. PET için ısıtılardan işlem koşulları, 180°C'de 30 sn'dir. Isıtılardan işlem sırasında, bazı dispers boyarmaddeler lifin içinden yüzeyine doğru hareket eder, aynı zamanda, boyanın bazı sınırlı süblimasyonu atmosfere gider (Avinc ve diğ. 2009).

Termomigrasyonun derecesi ve lifin yüzeyindeki boyanın miktarı liflerin ıslak haslıklarının tanımlanmasında önemli bir faktördür. Yağlar ve yumuşatıcılar, termomigrasyonu artırabilmektedir ve boyanmış kumaşın yıkama haslığını düşürmektedir. Sadece ısıtılardan işlemler değil, boyanmış poliester liflerinin uzun süre depolanması da migrasyona sebep olabilmektedir, buna depolama migrasyonu denir. Termal migrasyona uğramış dispers boyarmaddeler, sonraki yıkamalar sırasında uzaklaştırılabilir ve bitişik kumaşları lekeleyebilmektedir. Dispers boyarmaddelerin termomigrasyonunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır; lifin tipi, kesiti, boya konsantrasyonu, boyanın kimyasal yapısı, boyanın nüfuzu, yüzeyde kalan boyama yardımcıları, kimyasal bitim işlemi, kimyasal bitim işlemindeki boya solusyonu ve ısıtılardan işlem koşulları (*sıcaklık ve zaman gibi*). Yüksek yıkama haslığına sahip yeni dispers boyarmaddeler bu problemi minimize etmektedir (Avinc ve diğ. 2009).

3.2 PTT Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri

PTT lifleri de diğeri poliester liflerine benzer biçimde yaş işlemlerden geçirilebilmektedir. Bu işlemler, ön işlemler, boyama ve bitim işlemleri olarak sayılabilmektedir.

3.2.1 PTT Liflerine Uygulanan Ön İşlemler

Ön işlemler olarak haşıl, proses yardımcıları ve yağlar, işaret kalemi mürekkebi gibi kirlerin giderilmesi için yapılan yıkama işlemleri sayılabilir (Hawkyard 2004). Ayrıca, yıkama işlemi dışında alkali ağırlık kaybı (soyma) işlemi de ön işlemler arasında sayılabilir.

3.2.1.1 PTT Liflerine Uygulanan Yıkamalar

Gevşek poliester şapeli, topları ve iplikleri soğuk su ve ardından sıcak su ile yapılan durulama sonucu giderilebilen suda-çözünebilir preparatlar içermektedir (Hawkyard 2004). PTT liflerinde de yıkama işleminin amacı diğer poliester lifleri ile benzerdir. Liflere uygulanan yıkama işlemleri ile ilgili olarak literatürde bulunan çalışmalar aşağıda verilmektedir.

2005'te PTT'nin kumaş formunda yıkanmasına ilişkin Kore'de yapılmış bir çalışmada kumaşlar, 1:100 flotte oranında 2 g/L noniyonik surfaktan ile 60°C'de 30 dakika yıkanmış daha sonra kumaşlar durulanmış ve kurutulmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2005).

2006 yılında PTT/PET karışım ipliklerinin yıkanmasına verilebilecek bir örnekte iplikler yumuşak ılık su ile (40°C'de) durulanmakta ve oda sıcaklığında kurutulmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klancnik 2006).

2007 yılında İspanya'da yapılmış bir çalışmada PTT lifleri boyanmadan önce 1:50 flotte oranında 2 ml/L non-iyonik deterjanlı (Sandozin N/A) su kullanılarak 45°C'de ve 30 dakika yıkanmıştır. Ardından ılık su ile birçok defa durulama işleminden geçirilmiş olan numuneler oda sıcaklığında kurutulmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Ovejero ve diğ. 2007).

Yine 2007 yılında PTT lif karışımlarının yıkandığı (*PP/PES karışım liflerinde Poliester (PES) içeriği (PTT, PBT, PET) ve (PET/PBT, PET/PTT, PBT/PTT ve PET/PBT/PTT'den oluşmaktadır*) bir çalışmada yağların giderilmesi için lif karışımları 1,5 g/L Slovapon ve 1 g/L Na₃PO₄ (*sodyum fosfat*) içeren

banyoda 75°C 'de 20 dakika işlem görmüştür (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Bolhova ve diğ. 2007).

2008 yılında gelindiğinde PTT'nin kumaş formunda yıkanması ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada kumaşlar, 1:50 flotte oranında 2 g/L Na₂CO₃ (disodyum karbonat), 2 g/L deterjan LS ile 90-100°C'de 20 dakika yıkanmış ardından ılık su ile iyice durulanmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2001).

2012 yılında PTT/PET bikomponent liflerini de içeren bir örme kumaşa uygulanan ön-işlemede, örgü kumaşlar 5 ml W100 (*deterjan*) (10 l su içine) ile 80-90°C'de 30 dakika işleme maruz bırakılmıştır. Daha sonra 80°C'de overflow yıkaması uygulanmış ve 60°C bir yıkama daha yapılmıştır. Daha sonra kumaşa boyama prosesinden önce gereken stabiliteyi sağlamak için 150°C'de 30 sn ön- ısıtma işlemi uygulanmıştır (Zhao ve diğ. 2012).

3.2.1.2 PTT Liflerine Uygulanan Ağırlık Kaybı İşlemleri

PET kumaşlara benzer olarak PTT kumaşlarda da, kumaş yumuşaklığını geliştirmek için alkali işleme gereksinim duyulmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2001). Poliester lifleri ipeğimsi yüzey efekti elde edebilmek için sodyum hidroksit solüsyonları ile işleme tabi tutulabilmektedir. Bu işlem yüzeydeki poliester zincirlerinin hidroliz yoluyla ayrılmasına sebep olmaktadır ve istenilen özellik elde edilebilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Shukla ve Mathur 2000).

PTT lifleri iyi fiziksel ve kimyasal özellikler sergilemekle birlikte oldukça hidrofob liflerdir. PTT liflerinin hidrofilitelerini artırmak için çoğunlukla alkali terbiye veya plazma terbiyesi gibi metodlar kullanılabilir. Sentetik liflerin yüzey modifikasyonlarını sağlamak için enzimlerin kullanımı ise ilgi çekici ve yeni bir alandır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Eberl ve diğ. 2008).

2008 yılında yapılmış bir çalışmada (Eberl ve diğ. 2008), PTT polimer ve oligomerlerini *Thermomyces Lanuginosus*, *Penicillium Citrinum*, *Thermobifida Fusca* ve *Fusarium Solani Pisi* gibi poliesterazları kullanarak terbiye etmiştir. PTT lifleri üzerinde en fazla etkiyi gösteren *Thermomyces Lanuginosus*'un ürettiği

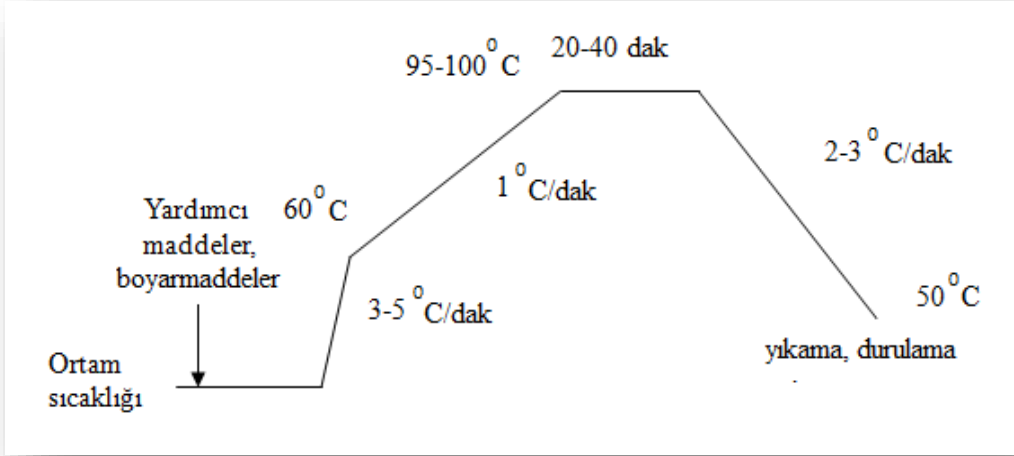
lipazdır. Ayrıca PTT üretimi sırasında oluşan ve istenmeyen yan ürünler olan halkalı dimerler (*oligomerler*) enzimatik hidrolizde kullanılan enzimler yardımıyla açılarak hidroliz olabilmektedir. Alkali terbiye işlemi sonucunda kumaşlardaki lifler üzerinde krater benzeri yapılar oluşmaktadır. Kumaşlara uygulanan enzimatik işlem sonucu ise liflerin boya alma oranları artmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Eberl ve diğ. 2008).

3.2.2 PTT Liflerinin Boyanması

PTT lif, iplik veya kumaş formlarında boyanabilmektedir. PTT lifleri sahip oldukları düşük T_g 'leri sayesinde atmosferik şartlarda kaynama sıcaklığında *carriere* gereksinim duyulmadan dispers boyarmaddelerle boyanabilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^d). **3.2.2.1 Poliesterlerin Boyanma Prosesi**'nde de anlatıldığı gibi liflere boyarmadde alımı, liflerin sahip olduğu camlaşma sıcaklıklarının üzerindeki derecelerde başlamaktadır. Bu nedenle düşük T_g 'lere sahip lifler daha düşük sıcaklıklarda rahatlıkla boyanabilmektedir. Bunun nedeni, boyarmaddelerin life difüzyonunun sağlandığı amorf bölgelerdeki polimer makromolekül zincirlerinin segmental hareketleri daha düşük sıcaklıklarda başlar (Yıldırım ve diğ. 2012^d, US Patent 4,565,241). PTT liflerinin boyamasında dispergir ajanlar, lubrikantlar, iyon tutucular, düzleştiriciler ve köpük kesiciler gibi birçok yardımcı kimyasal kullanılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002). Bu kimyasalların kullanımı su ve boyarmadde özelliklerine, boya makinesinin türüne ayrıca son-ürün gereksinimlerine bağlı olarak değişmektedir. pH ayarlamaya gerek yoksa PTT liflerini 95°C'de boyamak için en uygun pH aralığı 4 ile 9 arasındadır. Kumaş boyanmadan önce eğer herhangi bir ön işlem görmediyse ön-yıkama işlemi yapılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002).

PTT lifleri, PET liflerinden daha düşük termal stabiliteye sahiptir (Hawkyard 2004). Termal stabilitenin düşük olması, lif çekimi, boyama ve ısıtma işlemleri gibi çeşitli işlem adımlarında zorluklar yaşanmasına neden olabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Jang ve Jeong 2006). Bu durumda PTT'ye uygulanacak ön-işlemlerin, boyamanın ve ısıtma işlemlerin PET'den daha düşük sıcaklıklarda olması

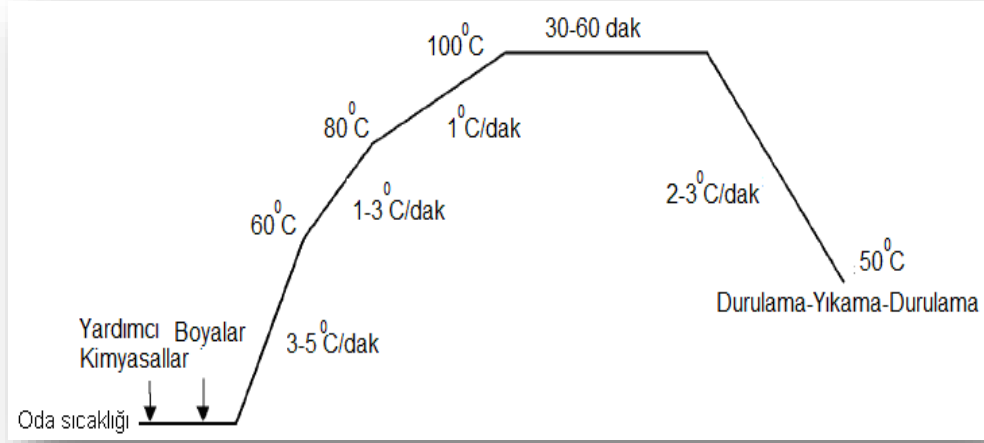
önerilmektedir. PTT'nin boyanması sırasında düşük enerjili dispers boyaların kullanımı da daha uygundur. PTT'nin düşük-enerjili boyarmaddelerle boyanmasına ait bir örnek bir diyagram Şekil 3.4'te verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Hawkyard 2004).



Şekil 3.4: PTT'nin düşük enerjili boyalarla boyanmasına ait diyagram

Başka bir boyama prosesi diyagramı da Şekil 3.5'de verilmiştir. PTT liflerine ait uygun boyama koşulları, tekstil materyalinin terbiye geçmişi ve özellikleri, boyarmadde özellikleri, boyama yardımcı maddeleri, boyama makineleri ve nihai ürünün gereksinimleri ile ilişkili olarak değişebilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002). PTT liflerinin boyanmasında, sıcaklık 60°C'yi geçene kadar boya alımı azdır. Boyama oranı sıcaklık 80°C'yi aştığında önemli bir biçimde artmaktadır. 100°C'de alma zamanının 20.nci dakikasında boyarmaddenin %90'ı veya daha fazlası lif tarafından alınmaktadır (Yang ve diğ. 2002). Bu bilgiler ışığında tavsiye edilen boyama sıcaklık grafiği Şekil 3.5'teki gibi verilebilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002). 60°C'ye kadar sıcaklık 3-5°C/dakika arttırılabilir. 60°C'den sonra sıcaklık artışı yavaşlatılmalıdır (1-3°C/dak) ve sıcaklık 80°C'yi geçtiğinde 1°C/dak'ya düşürülmelidir. 100°C'de kalma süresi 30-60 dakika arasında olabilir. Daha sonra sıcaklık 2-3°C/dakika hızla 50°C'ye düşürülmelidir. PTT lifleri sahip oldukları düşük camlaşma sıcaklığı yüzünden boya banyosundan çıkarılmadan önce boya banyosunun sıcaklığı 50°C'ye düşürülmelidir. Eğer sıcaklık 50°C'ye düşürülmeden direkt soğuk durulama adımına geçilirse kumaşların esneklik yeteneklerini kaybetmeleri söz

konusu olabilmektedir. Ayrıca, dispers boyama işlemi ekzotermik bir işlem olduğundan bir miktar ek boya soğutma adımı boyunca da kumaşa alınmaktadır. Kontrollü soğutma oranı ile daha eşit ve yüksek boya alımı sağlanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002).



Şekil 3.5: PTT boyama prosesine ait bir referans diyagram

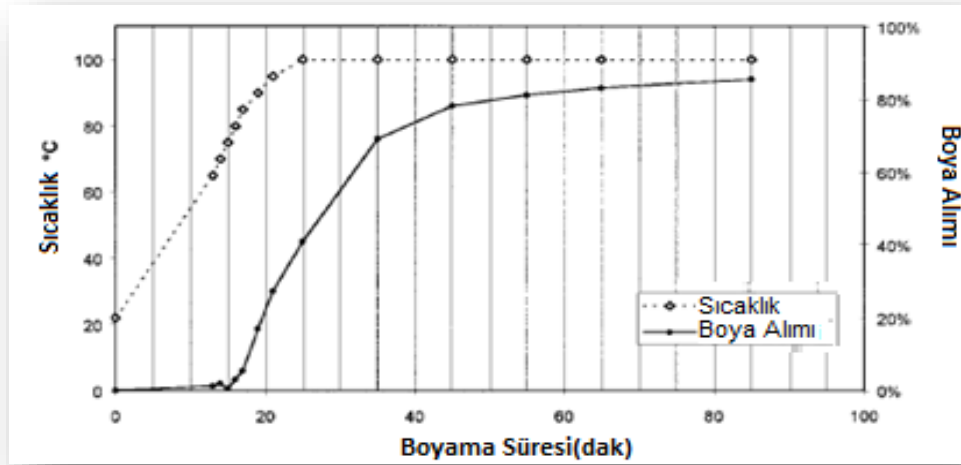
PET'e benzer biçimde PTT lifleri de atmosferik kaynama koşullarında boyandıklarında ışığa, ozona ve NO_x'e karşı iyi renk haslığı değerleri sergiler (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^d). Ayrıca, PTT lifleri alkali işlem gerektirmeden de yumuşak bir tutum sergileyebilmekte ve basınç altında boyandığında PTT lifleri bir rengin farklı tonlarına boyanabilmektedir (Houck ve diğ. 2001, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Avinc ve diğ. 2009).

3.2.2.1 PTT Liflerinde Boyamayı ve Boya Alımını Etkileyen Faktörler

PTT liflerindeki boya alımı mekanizması poliestер liflerindeki boya alımı mekanizmasına benzerdir. Boya alımı, boyama oranı, kinetik faktörler, absorpsiyon izotermi ve sıcaklığın etkisi gibi birçok faktör, PTT liflerinin boyanma mekanizması hakkında bize çeşitli bilgiler sunar. Bu bilgilerin elde edilebilmesi için literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

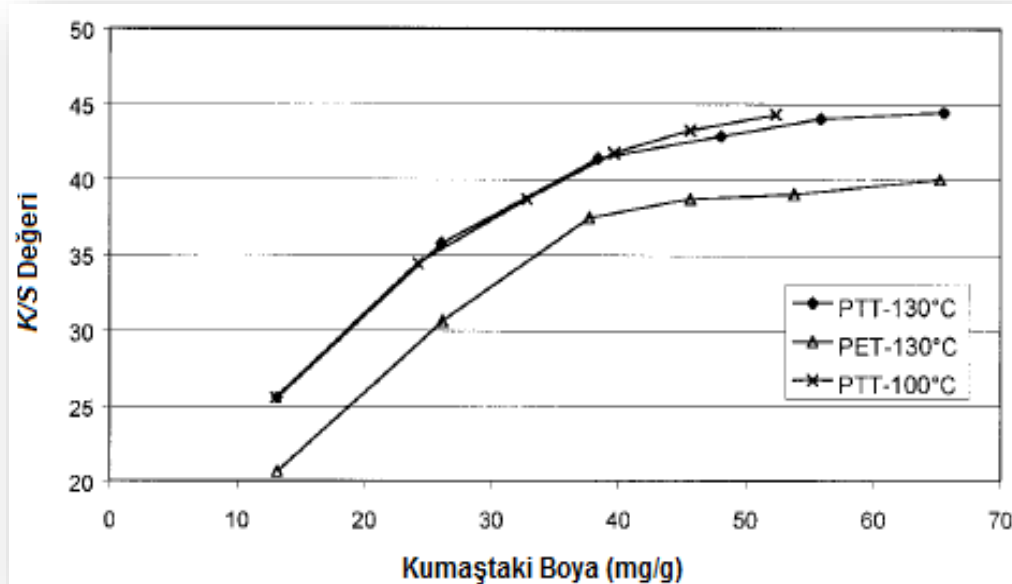
2002 yılında (Yang ve diğ. 2002) yapılan çalışmada, PTT'den üretilmiş kumaşların (%100 PTT ipliğinden örgü kumaş) sorpsiyon kinetikleri, izotermi ve

boya alımı ile renk tonu gelişimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu karakteristikler PET kumaşların değerleri ile karşılaştırılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002). Bu tip bilgiler PTT'nin boyanma davranışlarını anlamak ve tekstil endüstrisine daha uygun boyama prosesleri dizayn edebilmek için önemlidir. Boyamada kullanılan boyarmaddeler, kimyasal özelliklerine, enerji seviyelerine ve endüstrideki popülaritelerine göre seçilmiştir (*C.I. Disperse Red 60, 82 ve 167:1 ve C.I. Disperse Blue 56 ve 79'dur*). Uygulanan boyama işlemlerinde sorpsiyon izotermi olarak Nernst ve Langmuir modelleri kullanılmıştır. Çalışmada, PTT'nin 100°C ve altındaki sıcaklıklarda boyanma işleminde yumuşak su kullanılarak pH ayarlamaya gerek kalmadan (*boya banyosu pH'ı yaklaşık 7*) direkt olarak boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. PTT ve PET kumaşların ikisinde de boyama 130°C'de gerçekleştirildiğinde pH'ı 5 yapmak için sodyum asetat ve asetik asitli bir tampon sistem kullanılmıştır. Boyama oranı belirlenirken %1,2 boyarmadde, farklı sıcaklıklardaki boya alımını belirlemek için ise %0,5 boyarmadde konsantrasyonunda boyamalar yapılmıştır. Boyamalar 1:100 flotte oranında, izoterm çalışmaları ise 1:10 flotte oranında gerçekleştirilmiştir. Boyamadan sonra kumaşlar akacak boya kalmayınca kadar durulanmıştır. İlgili boyamaya ait değişen sıcaklıklarda boyama oranı diyagramı Şekil 3.6'da verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002).



Şekil 3.6: C.I. Disperse Blue 56 ile %1,2 koyulukta PTT kumaşın boya alımı değerleri

Eğer boyama koyuluğu %2'nin altında ise (*açık-orta renk tonları*) boyama sıcaklığı 100°C'yi geçse de boya alımı artmamaktadır. Bunun sebebi muhtemelen banyoya başlangıçta eklenen boyarmaddenin büyük bir çoğunluğunun 100°C'de lif tarafından tamamen alınmasıdır. Bunun yanında artan sıcaklıkla birlikte PTT üzerindeki boya-alabilir alanlar artmakta fakat boya banyosunda hiç boyarmadde kalmadığı için sıcaklığın yükseltilmesi boya alımını arttıramamaktadır. Boya konsantrasyonu artırıldığında (%2'den daha fazla olduğunda-yani daha koyu renk tonlarında), 100°C'de boyanan PTT, 130°C'de boyanan PET'den daha az boyarmadde almaktadır. Bu olgu muhtemelen boyarmaddenin düşük sıcaklıklarda gösterdiği düşük kinetik enerjiden kaynaklanmaktadır. PTT liflerinde 100°C'deki boyarmadde alımı 130°C'deki boya alımından düşük olmasına rağmen emilen boyarmadde lif içine düzgün bir biçimde dağılmaktadır. Eğer her iki lif, PTT ve PET, 130°C'de boyanırsa, iki lifin boyarmadde alımları aşağı yukarı aynı olmaktadır. Bu nedenle koyu renk tonlarında boyama için sıcaklığın 100°C üzerinde olması boya alımını arttırmaktadır. Eğer yüksek sıcaklarda boyama ekipmanı varsa ve boya alımı artışındaki kazanç önemli ise, özellikle koyu renklerde, boyama sıcaklığının 100°C'nin üzerinde olması faydalı olacak denebilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002).



Şekil 3.7: Farklı sıcaklıklardaki renk verimi (K/S) ve boya alımı (mg/g) değerleri arasındaki ilişki

Şekil 3.7’de iki farklı sıcaklıkta (100 ve 130°C) PTT kumaştaki boya alım miktarı ve renk verimi değeri (K/S) arasındaki ilişki gösterilmektedir. PTT’nin 100 ve 130°C’deki boyama eğrileri çakışmaktadır. Bu, 100°C de gerçekleştirilen boyamanın PTT’nin renk verimini olumsuz etkilemediğini göstermektedir ve ayrıca PTT lifinin boyanma sıcaklığının 100°C olarak tavsiye edilmesini desteklemektedir. Küçük moleküler yapıya sahip ve/veya kümelenme ile kristal formu oluşturmaya daha az eğilimli boyarmaddeler, yüksek boyama oranları sergiler. Boyama oranının boyarmaddenin enerji seviyesi ile ilişkili olması zorunlu değildir. Boyama sıcaklığındaki artış, sıcaklık 70°C’yi geçtiğinde kesinlikle kontrol edilmelidir. Hızlı artan sıcaklıklarda fazla miktarda ve hızlı boya alımı yüzünden düzensüz boyamalar meydana gelebilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Yang ve diğ. 2002).

2005 yılına gelindiğinde (Kim ve diğ. 2005) yapılan çalışmada, PTT ve kolay boyanabilir poliester (EDP) kumaşların boyanma özellikleri kinetik faktörler (*standart afinite, entalpi ve entropi değişimleri, difüzyon katsayısı*) bakımından incelenmiş ve sonuçlar PET kumaşların ilgili faktörleri ile karşılaştırılmıştır. Kumaş örnekleri (0,01 g), 1:10,000 flote oranında 0,0010, 0,0015, 0,0020, 0,0025 ve 0,0030 g/L C.I. Dispers Violet 1 (*1,4-diaminoantrokinon*) boyarmadde içeren çeşitli boya banyolarında 100, 110, 120 ve 130°C sıcaklıklarda boyanmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2005). Çalışılmış olan kinetik faktörlerden biri standart afinite ($-\Delta\mu^0$)’dir. Bu değer boyarmaddenin çözültiden life hareket etme eğilimini ölçmektedir. Boyanmış PTT ve EDP kumaşların standart afinite ($-\Delta\mu^0$) değerleri PET kumaşın standart afinite değerinden bir miktar daha yüksek bulunmuştur. Bir başka faktör entropi değişimleri (ΔS^0)’dir. Diğer bir deyişle entropi değişim değerleri lifler içindeki boyaların sabitlik ölçümü anlamına gelir. Bir diğer faktör entalpi değişimi (ΔH^0)’dir. Entalpi değişimleri boya moleküllerinin polimer zincirlerine adsorbe edilirken serbest bırakılan termal enerji miktarını ölçmektedir. Diğer iki faktör difüzyon katsayısı (D_T) ve boyama sıcaklığına difüzyon katsayısının bağımlılığını açıklayan difüzyonun aktivasyon enerjisi (E_D)’dir. Sıcaklık yükseldiğinde üç tip poliester kumaş için de difüzyon katsayısı (D_T) değerleri yükselmektedir. Her sıcaklıkta PTT kumaş en yüksek ve PET kumaş en düşük difüzyon katsayısı (D_T) değerlerine sahiptir. PTT ve EDP kumaşların

difüzyon aktivasyon enerjisi (E_D) değerleri ise PET kumaşın E_D değerinden daha düşük bulunmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2005).

2007 yılında (Ovejero ve diğ. 2007) yapılmış çalışmada, sıcaklığın boya alımı ve boyanma oranı üzerine etkisini değerlendirebilmek için PTT lifleri 60, 70, 80 ve 90°C'lerde C.I. Disperse Red 82 (*mono-azo*) dispers boyarmaddesi ile boyanmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Ovejero ve diğ. 2007). Numuneler, 1:50 flote oranında %0,1 boyarmadde konsantrasyonunda 1,5 ml/L dispergir madde (Liocol RDN) içeren banyoda pH 6'ya (asetik asit ile ayarlanmıştır) ayarlandıktan sonra boyanmıştır. Boyamadan sonra numunelere 30°C'de yıkama işlemi uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları dengedeki boya alımının, boyama sıcaklığının artması ile arttığını, 60°C'de %28,1 olan boya alımının 90°C'de %96,2'ye yükseldiğini göstermektedir. PTT liflerinin boyanmasında, boyama oranının sıcaklığın artmasıyla birlikte arttığı ve banyodan alınan boyarmadde miktarının 80°C üzerindeki sıcaklıklarda kabul edilebilir değerlere ulaştığı belirtilmektedir. Bununla birlikte endüstriyel şartlara daha uygun bir boyamada boya alımı, sıcaklığın 90°C olması durumunda 1 saatten sonra %87,9'a ulaşmaktadır. 90°C'de bile iyi boya alımı miktarlarına ulaşan PTT lifleri kaynama sıcaklığında da kolaylıkla boyanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Ovejero ve diğ. 2007).

3.2.2.2 PTT Liflerinin ve Lif Karışımlarının Boyanması

Poliester tekstil yüzeylerine uygulanan klasik boyama metodunda, çok miktarda atık su (*yok edilmesi zor ve çok azı bio-bozunur atık içeren su*) üreten birçok dispergir ve yüzey aktif maddeye gereksinim duyulmaktadır. Çevreye dost süperkritik ortamda boyama metodunda suya, dispergir maddeye ve yüzey aktif maddelere gereksinim duyulmamaktadır. Bu metod, boyama sonrasında herhangi bir kurutma işlemine ihtiyaç olmadığı için enerji tasarrufu da sağlamaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Vo ve diğ. 2008).

2008 yılında Vo ve arkadaşları (Vo ve diğ. 2008) süperkritik ortamda boyama metodu ile PTT liflerinin kolayca boyanabildiğini belirtmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Vo ve diğ. 2008). Aynı yıl içinde Shim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada PTT lifleri (*PET, aramid ve PP lifleride boyanmıştır*) 10-33 MPa

aralığındaki basınçlar altında ve 35-150°C aralığındaki sıcaklıklarda süperkritik karbondioksit yöntemi kullanılarak boyanmıştır (Vo ve diğ. 2008). Boyamalarda, C.I.Disperse Blue 60, C.I. Disperse Red 60, C.I. Disperse Yellow 54 ve C.I. Disperse Orange 30 boyarmaddeleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları PTT ve PET liflerindeki C.I. Disperse Yellow 54 ve C.I. Disperse Orange 30 boyarmadde sorpsiyonlarının, (emilimlerinin, boya alımlarının) süperkritik karbondioksit varlığında aynı sıcaklıkta basınç ile ve aynı basınçta sıcaklık ile arttığını göstermektedir (Kim ve diğ. 2003).

Dispergatorlerin neden olduğu çevresel problemlerle başa çıkabilmek için β -sülfatoetilsülfonil grupları içeren, geçici olarak çözünebilen (temporarily solubilized) azo dispers boyarmaddeler geliştirilmiştir. Boyarmaddenin terminal sodyum sülfat grupları oda sıcaklığında suda yeterli çözünebilirlik sağlamaktadır, boya banyosu dispergator olmadan hazırlanabilmektedir. Boyama süresince, çözünebilir boyarmadde adım adım β -sülfatoetilsülfonil grupları gibi çözünmeyen formlara dönüşmektedir. Daha sonra, hidrofobik poliesterlere (*PTT ve PET gibi*) karşı substantivitesi olan boyarmaddenin suda-çözünebilir formu life adsorbe olmaktadır (Jang ve diğ. 2009).

2009 yılında Jang ve arkadaşları (Jang ve diğ. 2009) piridon türevi bazlı geçici olarak çözünebilen azo boyarmaddeleri kullanarak dispergator kullanmadan PTT liflerini boyamıştır (Jang ve diğ. 2009). PTT dokuma kumaşlara boyarmaddeler dispergator kullanılmadan başarıyla uygulanmıştır ve PTT kumaşların renk verimlerinin boyamanın sıcaklığıyla ve boyama pH'ıyla bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir. Optimum sonuçlara 110°C'de pH 5-6 'da ulaşılmıştır. Boyarmaddeler kumaş üzerinde iyi haslık özellikleri sergilemektedir. PTT kumaşların boyanmasında IR boyama makinesi kullanılmıştır. Boya banyoları 1-3 (%0,5-3'lük) boyarmadde konsantrasyonlarında, pH 4 ve 5'e sodyum asetat/asetik asit kullanılarak, pH 6,7, 8 ve 10 sodyum hidrojen fosfat kullanılarak ayarlanmıştır. Flotte oranı 1:20'dir. Boyama sıcaklığı 110-130°C'ye 1°C/dak hız ile arttırılmış ve bu sıcaklıklara ulaşıldığında boyama 60 dakika yapılmıştır (Jang ve diğ. 2009).

PTT liflerinin boyanmasında çektirme metodu dışında farklı metodlarda kullanılabilir. Ultrason destekli boyama veya süperkritik ortamda boyama metodu bu yöntemler arasında sayılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ.

2010). Aşağıda, PTT liflerinin boyanması ile ilgili literatürde yapılmış boyama çalışmaları verilmiştir.

2010 yılında Wang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Wang ve diğ. 2010), PTT kumaşı Disperse Red FB boyarmaddesi kullanılarak ultrasonik enerji altında boyanmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ. 2010). Ayrıca kumaşın *K/S* değerlerine, lif yapısına ve dispers boyarmaddelere ultrasonun etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, ultrasonik enerjinin kumaşın *K/S* değerini arttırdığını, PTT liflerinin yüzeyindeki büyük oligomer parçalarını küçük parçalara ayırdığını ve çözeltideki boyarmaddelerin molekül boyutlarını küçülttüğünü göstermektedir. Özellikle sıcaklık 60°C'nin üzerinde olduğunda, ultrason kullanılarak boyanmış PTT kumaşların *K/S* değerleri ultrasonsuz boyanan kumaşların *K/S* değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ. 2010). Ultrasonsuz klasik boyama koşulları ultrason–destekli boyamanın koşulları ile ultrason radyasyonu dışında farklı değildir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2001).

Bu çalışmada, flotte oranı 1:100 olan ve 1 g/L Disperse Red FB içeren boya banyosu kullanılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ. 2010). PTT kumaşlara liflerin yüzeyindeki oligomerlerin giderilebilmesi için 65°C'da 60 dakika sıcak su ile ultrasonlu ve ultrasonsuz yıkama işlemleri de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar uygulanan ultrasonik işlemlerin, PTT liflerinin kristal yapısını değiştirmediğini fakat lif yüzeyindeki oligomerleri kopardığını göstermektedir. Ayrıca, ultrasonik işlem lif içindeki mikrokristalleri gözle görünür biçimde oynatarak amorf bölgeleri genişletmektedir. Bu sayede daha fazla dispers boyarmadde PTT liflerine difüze olabilmektedir. Bunun yanında, boya molekülleri sulu çözeltilerde kümelenme eğilimindedir. Bilindiği gibi ultrasonik enerji çözeltideki boya agregatlarının ayrışmasına sebep olarak dispersiyondaki boya parçacık boyutlarının küçülmesini sağlamaktadır. Ultrason destekli boyama işlemi sonucunda düşük sıcaklıklarda bile PTT kumaşın renk koyuluğu arttığı gözlemlenmektedir. Dahası ultrason destekli boyama işlemi sırasında lif şişirici maddeler kullanılırsa PTT kumaşların renk verimi arttırılabilmekte, boyama süresi azaltılabilmekte ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ. 2010).

Yapılan diğer çalışmalarda PTT liflerinin diğer liflerle oluşturduğu karışımların boyanmasında elde edilen boya alımı, renk verimi ve haslık değerleri

incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, PTT liflerinin sahip olduğu kolay boyanabilirlik özelliğinin karışımlara da yansıdığını göstermektedir. Karışımlarda bulunan PTT içeriğinin artması ile boyanabilirlik de artmaktadır.

2006 yılında Klanċnik (Klanċnik 2006), iki farklı PBT ipliğinin (PBT-1; Elite 56 dtex f24, PBT-2; Elite 56 dtex f36), PET/PTT bikomponent ipliğinin ve PET multifilament tekstüre ipliğinin boyanabilirliklerini incelemiştir. Ayrıca iplik örneklerinin *K/S*, renk karakteristikleri ve haslık özellikleri değerlendirilmektedir. Boyama işlemi yüksek enerjili azo Terasil Red W-RS (*iyi yıkama haslığına sahip, C.I. Dispers Red 378*) ve orta enerji seviyeli Terasil Yellow GWL-01 (*C.I. Dispers Yellow 42, kimyasal olarak nitrodifenilamin*) boyarmaddeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006). İplik örneklerinin boyanması (4,5 g) 1:40 flote oranında, yumuşak su, %1,5 konsantrasyonda boyarmadde, 1 g/L Univadine TOP (*anyonik dispergir ve düzgünleştirici madde*), 1 g/L (NH₄)₂SO₄ (*amonyum sülfat*) ve seyreltik formik asit içeren (*pH'ı 5 olarak ayarlayacak miktarda*) boya banyosu içinde gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi 55°C'de başlamış, 100, 105, 110, 115, 120, 125 veya 130°C'lere kadar yükseltilmiş ve boyama süresi 65 dakika tutulmuştur. Boyamadan sonra banyo soğutulmuş, iplikler soğuk su ile durulanmış ve daha sonra numunelere redüktif yıkamaya maruz bırakılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006).

Yapılan boyamaların sonuçları PBT ipliklerini, 105°C'de yüksek enerjili boyarmaddelerle boyandıklarında en iyi sonuçları sağladıklarını göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006). Boyama sıcaklığının artması PBT ipliklerinin renk verimini çok önemli ölçüde etkilememektedir. Yüksek enerjili boyarmaddelerle PET/PTT ipliklerinin boyanmasında sıcaklığın etkisi çok daha belirgin olarak gözlemlenmektedir. Yüksek enerjili boyarmaddelerle yapılmış boyamada optimum boyanabilirliğe 120°C'de, orta enerjili boyarmaddelerle yapılmış boyamada optimum boyanabilirliğe 100°C'de ulaşılmaktadır. PBT iplikleri kopolimer PET/PTT iplikleri ile karşılaştırıldıklarında, düşük sıcaklıklarda bile büyük moleküllü dispers boyarmaddelerin lifin içine kolayca nüfuz edebileceği daha gevşek bir moleküler yapıya sahiptir. Homojen PBT ile karşılaştırıldığında bikomponent ipliklerin bir

bileşeni olan PET'e yüksek sıcaklıklarda çok daha fazla boya alımı gerçekleşmektedir. Genellikle PET ipliklerinin boyanabilirlik değerleri diğer poliesterlerden daha düşük değerler sergilemiştir. Poliester iplik örneklerinin sahip olduğu *K/S* ve renk haslığı değerleri Tablo 3.1'de verilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006).

Tablo 3.1: İplik örneklerine ait *K/S* ve haslık değerleri

İplik	Boya	Boyama Sıcaklığı (C)	<i>K/S</i>	Renk Haslığı (Işık)	Renk Haslığı (Yıkama)	
					Pamuğu lekelemesi	Poliesteri lekelemesi
PBT-1	Kırmızı	110	21,59	6	5	5
PET/PTT	Kırmızı	110	21,67	6	5	5
PET/PTT	Kırmızı	125	23,74	6	5	5
PBT-2	Kırmızı	110	18,69	6	5	5
PET	Kırmızı	130	20,84	5	5	5
PBT-1	Sarı	110	6,65	5	5	5
PET/PTT	Sarı	110	6,76	5	5	5
PBT-2	Sarı	110	5,61	5	5	5
PET	Sarı	130	6,14	6-7	5	5

Sonuçlar PET/PTT karışım ipliklerinin yüksek sıcaklıklardaki (120-130°C aralığındaki sıcaklıklarda) *K/S* değerlerinin PBT-1 ipliğinden yaklaşık olarak 1,1, PBT-2 ve PET ipliklerinden yaklaşık olarak 1,3 kat daha yüksek olduğunu göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006). Bu durumda PET/PTT ipliklerinin renginin diğer ipliklerden daha koyu ve doymuş görüldüğü söylenebilir. Ayrıca kırmızıya boyanmış PBT ve PET/PTT ipliklere ait ışık renk haslığı değerleri oldukça iyi bulunmuştur. Fakat yine de bu ipliklerin haslık değerleri sarıya boyanmış PET ipliklerin ışık renk haslığı değerlerinden düşüktür. Ayrıca sarı ile boyanmış PET ipliklerinin ışık haslık değerleri kırmızı ile boyanmış ipliklerin değerlerinden daha iyidir. Bilindiği gibi lifteki boyarmaddelerin sahip olduğu ışık haslığı değerleri boyarmaddenin kimyasal yapısı, lifteki boyanın fiziksel durumu ve konsantrasyonu, lifin fiziksel ve kimyasal yapısı ve boyarmadde-lif ilişkisi gibi birçok faktörün bileşimine bağlıdır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006).

2007 yılında PTT lif karışımlarının boyanması ile ilgili yapılmış bir çalışmada Bolhová ve arkadaşları (Bolhova ve diğ. 2007), PP/PES karışım lif örneklerini boyamış ve bu örneklerin renk özelliklerini incelemiştir. Karışım

PP/PES lifleri farklı tiplerde PES (PET, PBT, PTT) ve bu poliesterlerin çeşitli karışımlarını (PET/PBT, PET/PTT, PBT/PTT ve PET/PBT/PTT) içermektedir (Tablo 3.2). Karışım lif örnekleri 1 g/L Kortamol NNO (dispersant), 2 g/L (NH₄)₂SO₄ (amonyum sülfat), 0,17 g/L Texavin ile %1 renk koyuluğunda, C.I. Disperse Blue 79 ve C.I. Disperse Violet 95 boyarmaddeleri kullanılarak 98°C’de boyanmıştır. Boyanmış örneklere ait *K/S* değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Sonuçlar PP/PES karışım liflerine dispers boyarmaddelerin afinitesinin PP matrisinde dağılmış PES’in tipinden ve içeriğinden etkilendiğini göstermektedir. En yüksek *K/S* değerlerine B tipi PP/PES karışımlarında ulaşılmıştır. Ayrıca boyamadan sonra redüktif yıkama işlemi *K/S* değerini azaltmaktadır. Tüm karışım lif örneklerinin boyanmasında çizgi çizgi boyama efekti oluşmadan düzgün bir boyama gerçekleştirilebildiği belirtilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Bolhova ve diğ. 2007).

Tablo 3.2: PP/PES karışımlarının kompozisyonu

Lif Tipi		Karışım PP/PES liflerinin içerikleri				
		PP	PET	PTT	PBT	Licowax E*
PET	A	-	100	-	-	0,12
PP/PET	B	94,34	5,54	-	-	0,12
PP/PBT	C	94,34	-	-	5,54	0,12
PP/PTT	D	94,34	-	5,54	-	0,12
PP/PET/PBT	E	94,34	1,64	-	3,88	0,12
PP/PET/PTT	F	94,34	1,64	3,88	-	0,12
PP/PBT/PTT	G	94,34	-	1,64	3,88	0,12
PP/PET/PBT/PTT	H	94,34	1,88	1,8	1,8	0,12

*Licowax E: poliester wax (Ciba)

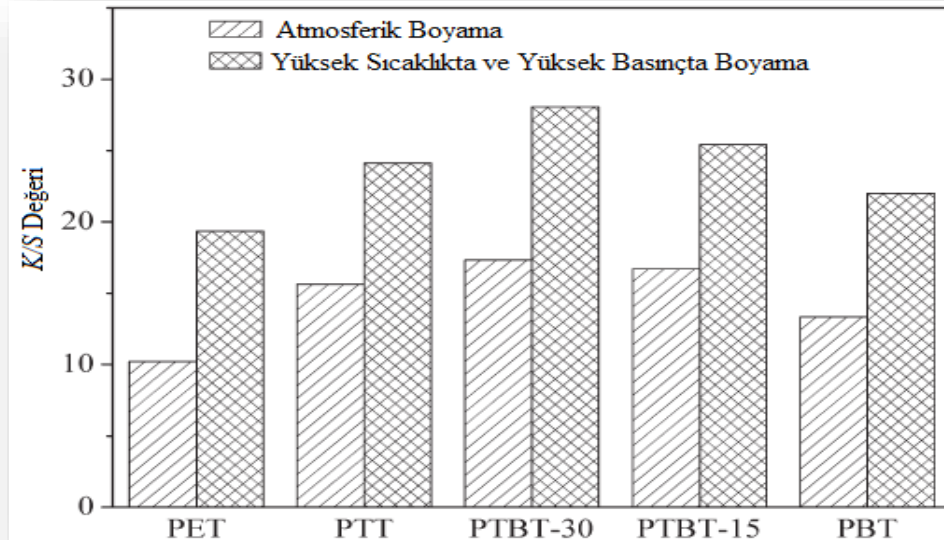
2008 yılına gelindiğinde Zheng ve arkadaşları (Zheng ve diğ. 2008), yünlü kumaşların PTT veya PET ile oluşturdukları karışımların tek-banyolu metod ile boyanmalarını incelemiştir. Yün/poliester karışım kumaşlar tek banyolu veya iki banyolu metodlar ile boyanabilmektedir. Fakat iki tip kumaşın aynı anda boyanmasını sağlayan tek banyolu boyama metodu daha basittir ve enerji tüketimi daha düşüktür (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zheng ve diğ. 2008). Tatmin edici bir tek-banyolu boyama işlemi gerçekleştirilebilmenin ana şartı ilgili liflerde boyarmaddenin iyi haslık değerleri göstermesini sağlamaktır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Eberl ve diğ. 2008). Tüm bunların yanında boyama işlemi sırasında yün liflerinin hasar görmesi en aza indirgenmeli ve karışımların boyanması sonucu ortaya çıkan, özellikle de yünü dispers boyarmaddelerin lekelemesinden

kaynaklanan kötü yaş haslık değerlerinden mutlaka kaçılmalıdır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zheng ve diğ. 2008).

Bu çalışmada yün liflerinin boyanması için Lanasol, PET ve PTT lifinin boyanması için Terasil boyarmaddeler kullanılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zheng ve diğ. 2008). Boyama sıcaklığı gerek duyulan oranda yükseltilmiş ve boyama işlemi maksimum boyama sıcaklığında 60 dakikada gerçekleştirilmiştir. Boyamadan sonra tüm örnekler, sıcak ve soğuk su ile durulanmış ve daha sonra sabunlanmıştır. PTT liflerine Terasil dispers boyarmaddelerin alınması PET liflerine diğer dispers boyarmaddelerin önceden gözlenmiş alımlarından 20°C daha düşük sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Bu göstermektedir ki PTT-yün karışımlarının geleneksel yün-poliester karışımlarından daha düşük sıcaklıklarda boyanabilmesi mümkündür. Sonuçlar yün/PTT karışımlarının tek banyolu metod ile boyanmasında, yün liflerini terasil dispers boyarmaddelerin lekelemesi, yün/PET karışımlarının boyanmasında karşılaşılan lekelenmeden önemli miktarda az olduğunu göstermektedir. Yün/PTT karışımlarının tek banyolu metotta boyanmasında 110°C'nin altındaki sıcaklıklarda ve uzun süreli boyamalarda, boyama sonrası sabunlama yapıldığında, yünde nispeten fazla lekelemeye sebep olan Terasil Blue W-GS hariç, yünü Terasil dispers boyarmaddelerin lekeleme miktarı düşüktür. Terasil ve Lanasol boyarmaddeler ile yün/PTT karışımlarının tek banyolu metod ile boyanmasında optimum şartlar olarak, pH seviyesi 4.5-5, başlangıç sıcaklığı 30-40°C, sıcaklık artış oranı 1-2°C/dak ve maksimum boyama sıcaklığı 110°C verilmiştir. Bu şartlar altında Terasil dispers boyarmaddelerin yünü lekelemesi minimaldir ve düzgün boyanmış yün/PTT karışım ürünleri yıkamaya karşı iyi renk haslıkları sergiler. Çalışmadan elde edilen sonuçlar düşük sıcaklıklarda kolayca boyanabilen kumaşlar üretmek için yün/PTT kumaş karışımlarının geleneksel yün/poliester karışımlarından daha yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zheng ve diğ. 2008).

2009 yılında Zou ve arkadaşlarının (Zou ve diğ. 2009) yaptığı çalışmada, eriyikten lif çekimi yöntemini kullanılarak çeşitli oranlarda Politrimetilen-ko-bütülen tereftalat (PTBT) kopolimer filamentleri hazırlanmıştır. Oluşturulan PTBT (PTBT-15'de rakamlar PTT içeriğini vermektedir) filamentleri 1:50 flotte oranında %2 koyulukta C.I. Dispers Blue 56 ile HT şartlarında ve atmosferik şartlarda

boyanmıştır. HT şartları altında yapılan boyamada, sıcaklık oda sıcaklığından 120°C'ye yükseltilmiş ve 60 dakika boyama yapılmıştır. Atmosferik şartlarda yapılan boyamada, boya banyosu 100°C'ye ısıtılmış ve 60 dakika boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemlerinden sonra lifler durulanmıştır. PTBT kopolimer filamentlerinin *K/S* değerleri Şekil 3.8'de verilmiştir (Zou ve diğ. 2009). Sonuçlar, PTBT kopolimerindeki PTT içeriği artması ile boya alım miktarının ve *K/S* değerinin yükseldiğini göstermektedir. PTBT kopolimer filamentlerinin camlaşma sıcaklıkları saf (PET, PTT ve PBT) filamentlerin camlaşma sıcaklıklarından daha düşüktür. Kopolimer filamentleri atmosfer şartları altında boyanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zou ve diğ. 2009).

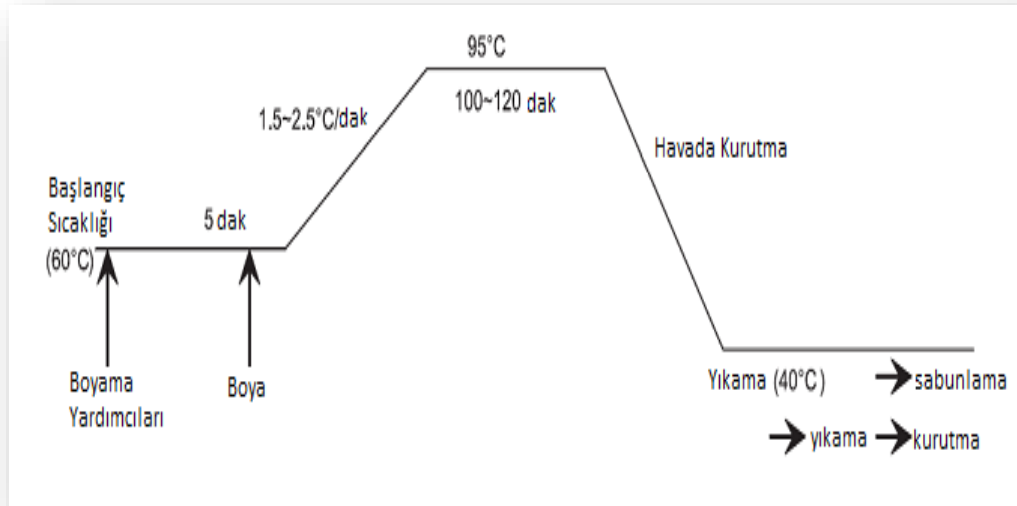


Şekil 3.8: PTBT filamentlerinin *K/S* değerleri

2009 yılında yapılmış başka bir çalışmada Wang ve Hu (Wang ve Hu 2009), bir dizi basit kopoliamidin adipik asit (AA), hekzametilen daimin (HMDA) ve dietilenetriamin (DETA) kullanarak sentezlemiştir. Daha sonra kopolyamid ile PTT polimerini karıştırarak asit-boyarmaddelerle boyanabilir PTT lifini üretmeyi başarmıştır. Bu şekilde polimer modifiye edilerek veya boyama parametreleri oynanarak lifin boyanabilirliği artırılabilir. Liflere daha iyi boyanma davranışı kazandırabilmek için modifikasyon sırasında kopolimerdeki dietilenetriamin (DETA) konsantrasyonu artırılabilir. Çok fazla DETA kullanımı kopoliamidin termal stabilitesini ve PTT/kopoliamid çekilebilirliğini

kötü etkilemektedir. Bu yaklaşımlar arasında dengeleme gerekmektedir. 0,25 (MF) DETA kullanımı ile iyi lif çekilebilirliği ve koyu renk tonları sağlamak mümkündür. Pratik açıdan bakıldığında lifin mekanik özelliklerini koruyabilmek için çok az katkı maddesi kullanılması en uygun yaklaşımdır. PTT liflerinde asit boyarmaddelerinin alımı, maksimum %95,83'e ulaşmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve Hu 2009).

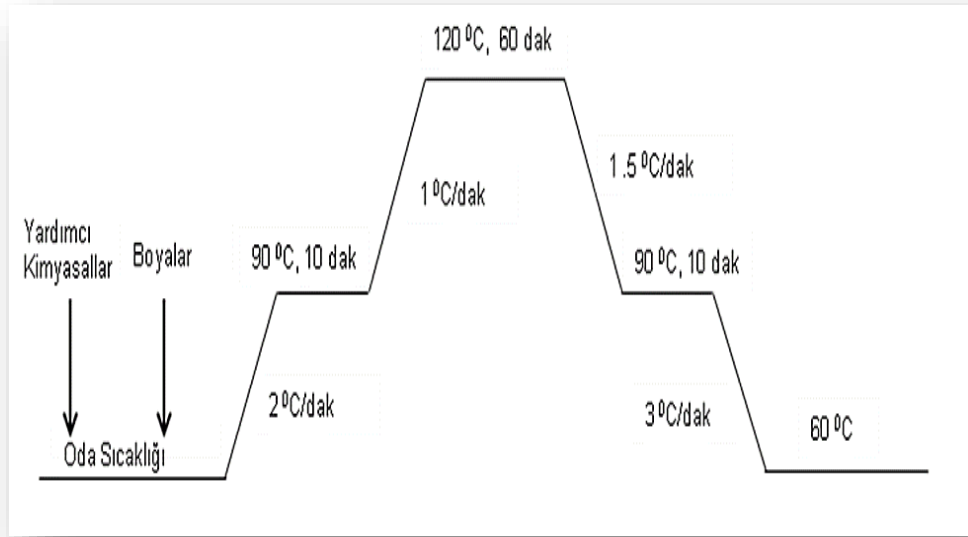
Lifin asit boyarmaddelerle boyanabilirliğini artırmak için kullanılan başka bir yaklaşım da lif çekiminden önce polimere boya-sabitleyici katkı maddeleri eklemek ve böylelikle polimerin fiziksel olarak modifiye olmasının sağlanmasıdır. PTT liflerin asit boyarmaddelerle boyanabilir olması, en ucuz boyarmaddelerin kullanılabilmesine ve ayrıca geniş renk tonu aralığı, ayrıca parlak renk tonları ve iyi ışık haslık değerleri elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca asit boyarmaddelerle boyanabilen PTT liflerinin üretilmesi ile PTT lifleri yün ve naylon lifleri ile birlikte boyanabilecektir. Çalışmada modifiye edilmiş PTT lifleri 1:50 flote oranında %4 boya konsantrasyonunda Blue SGM asit boyarmaddesi içeren, %3-15 Na₂SO₄ (sodyum sülfat), 0,5 ml/L ıslatıcı (JFC) ve asetik asit (pH'ı 4 olarak ayarlayacak miktarda) içeren bir boya banyosunda boyanmıştır. Boyama prosesi Şekil 3.9'da verilmiştir (Wang ve Hu 2009).



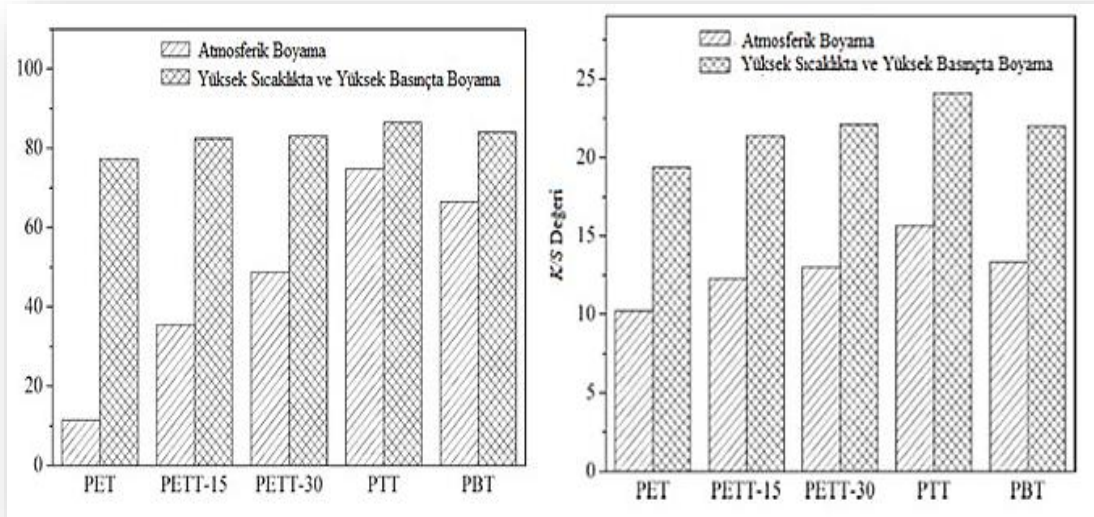
Şekil 3.9: Modifiye PTT liflerinin asit boyarmaddelerle boyanma prosesi

2010 yılında yapılmış bir çalışmada ise Zou ve arkadaşları (Zou ve diğ. 2010), Polietilen-ko-Trimetilen Tereftalat (PETT) kopolimerlerinin termal, reolojik

özelliklerini ve ayrıca boyanma özelliklerini incelemiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zou ve diğ. 2010). PETT (*PETT-15'de rakamlar PTT içeriğini vermektedir*) filamentleri 1:50 flote oranında %2 C.I.Dispers Blue 56 boyarmaddesi kullanılarak boyanmıştır. Atmosferik şartlarda yapılan boyama işleminde boya banyosu pH'ı 7 civarındadır ve boyanma süresi 60 dakikadır. Lifler HT şartlarında yapılan boyamada ise pH 5,5 civarında boyanmıştır (Şekil 3.10, (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zou ve diğ. 2010). Boyama işlemlerinden sonra lifler durulanmıştır. PETT kopolimer filamentlerinin boya alım ve *K/S* değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.11'de verilmiştir. PETT kopolimer filamentlerinin boyanabilirlik değerleri PET, PBT ve PTT homopolimer filamentlerinin boyanabilirlik değerleri arasında bulunmuştur (Zou ve diğ. 2010). Sonuçlar, PETT kopolimerinde PTT içeriği arttıkça boya alım miktarının ve *K/S* değerinin yükseldiğini göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zou ve diğ. 2010).



Şekil 3.10: Boyama grafiği



Şekil 3.11: PETT Kopolimer Filamentinin Boya Alımı ve *K/S* değerleri

2010 yılında Sun yaptığı çalışmada ise PTT/ipek karışım kumaşları, iki banyolu (dipsers boyarmaddeler ile PTT'yi boyayıp, lekelenmiş ipeği indirgen yıkadıktan sonra ipeği asid boyarmaddeleri ile boyamış) ve tek banyolu (karışım boya oranlarında ve bir temizleme işleminin takip ettiği bir yöntemle) yöntemleri kullanarak boyamıştır. İki banyolu metod indirgen yıkaması sayesinde daha iyi haslık değerleri sunmaktadır. Diğer yandan, tek banyolu yöntem daha hızlı ve çok daha tekrarlanabilir bir boyamaya olanak sağlamaktadır ayrıca, zamandan, enerjiden ve su kullanımından tasarruf sağlamaktadır (Sung 2010).

2012 yılında yapılmış bir çalışmada Zhao ve ark. (Zhao ve diğ. 2012) üretilmiş PTT/PET bikomponent liflerini, PU/PA (Poliüretan/Poliamid) lifleri yerine kullanarak dikişsiz kıyafetler geliştirmeyi denemiş ve bu liflerden üretilmiş kumaşların özelliklerini karşılaştırmıştır. Daha sonra PTT/PET bikomponent liflerinden oluşan kumaşlar iki banyolu iki adımlı metod kullanılarak boyanmıştır. Bu kumaşın içinde PA (poliamid) lifi de bulunmaktadır. Bu nedenle, birinci adımda PTT/PET bikomponent filamentleri boyanmış, ikinci adımda redüktif yıkama yapılmış, üçüncü adımda PA lifleri boyanmış ve son olarak ısıl işlem uygulanmıştır. PTT/PET bikomponent filamentleri ANOCRON Red S2B (PTT lifleri ve lifin karışımları için özel geliştirilmiştir) boyarmaddesi ile boyanmıştır. Boyama reçetesi; %2'lik ANOCRON Red S2B, 1-2 g/L iyon tutucu, 0,4 g/L dispergatör 509 A ve pH'ı 4.5-5 ayarlamak için tampon çözelti olarak verilmiştir. Lifler 120°C'de

boyanmıştır. Boyamadan sonra tüm kumaşlar 150°C’de 1 dakika ısıtma işlemi ve 150°C ‘de 30 dakika yumuşatma işlemine maruz bırakılmıştır. Lekelemeyi engellemek ve tutumu iyileştirmek için boyamadan sonra PTT/PET bikomponent filamentlerine 60°C’de redüktif yıkama işlemi uygulanması gerekmektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre, PTT/PET bikomponent filamentlerinden üretilen kumaşlar, PU/PA liflerinden üretilmiş kumaşlara göre çok daha iyi boyutsal stabiliteye, daha iyi elastiki geri dönmeye ve çok daha iyi buruşmazlık dayanımına sahip bulunmuştur. Fakat bu lifler kullanılarak üretilmiş kumaşların yüzeyleri ısıtma işleminden sonra PTT ve PET filamentlerinin farklı olan çekme miktarları yüzünden düzensüz bir yüzey sergilemiştir. Bu yüzden kumaş yapısının yüzeyinde bu liflerin ön iplik kullanılması tavsiye edilmemektedir (Zhao ve diğ. 2012).

3.2.2.3 PTT Liflerine Uygulanan Ard Yıkamalar

Boyama işlemi tamamlandıktan sonra optimal haslıklar boyama işleminden sonra redüktif yıkamalar yapılması sonucu sağlanabilmektedir.

(2006) PTT lif karışımlarına uygulanan redüktif yıkamalara verilebilecek bir örnekte karışımlar; 1:40 flote oranında, 3 ml/L NaOH (*sodyum hidroksit*) 38 °Bé, 2 g/L Na₂S₂O₄ (*sodyum hidrosülfid*) ve 1 g/L Eriopon OS (*noniyonik surfaktan*) içeren banyoda 60°C’de 20 dak redüktif yıkamaya tabi tutulmuştur. Redüktif yıkamadan sonra iplikler sıcak ve soğuk su ile durulanmış, asetik asit ile nötralize edilmiş ve oda sıcaklığında kurutulmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanc̆nik 2006).

(2007) PTT lif karışımlarına uygulanan redüktif yıkamalara verilebilecek bir başka örnekte boyanmış lif karışım örnekleri 3 ml/L NaOH (*sodyum hidroksit*) 38 °Be, 1,5 g/L Slovopan ve 2 g/L Na₂S₂O₄ (*sodyum hidrosülfid*) içeren bir çözeltide 75°C’de 20 dakika redüktif yıkama işleminden geçirilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Bolhova ve diğ. 2007).

(2008) PTT ve yünlü kumaşların boyanmasından sonra gerçekleştirilen sabunlama işlemine verilmiş bir örnekte ise kumaş örnekleri 1:50 flote oranında 1 g/L Cibapon R (*sabunlama maddesi-anionik*), (Na₂CO₃ (*sodyum karbonat*))

eklenmesi ile pH 8-8,5'a ayarlanmıştır) içeren çözelti ile 80°C'de 15 dakika yıkanmış ve kurutulmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Kim ve diğ. 2001).

(2009) Jang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada örnekler redüktif yıkamadan, alkali yıkamadan geçirilmiş veya hiçbir yıkama işleminden geçirilmemiştir. Redüktif yıkama işlemi 2 g/l sodyum hidroksit ve 2 g/l sodyum hidrosülfid kullanılarak 80°C'de 10 dakika yapılmıştır. Alkali yıkama işlemi ise 20 g/l sodyum karbonat kullanılarak 80°C'de 10 dakika yapılmıştır (Jang ve diğ. 2009).

3.2.3 PTT Liflerine Uygulanan Bitim İşlemleri

Polimerik lifler, makromoleküller denge durumlarında iken nadir rastlanan yarı-kristalin yapılar olarak oryante olmaktadır. Ayrıca lifler ipliklere ve ipliklerden kumaşlara dönüştürülürken lifler üzerine daha fazla dengesizlik eklenir. Isıl işlem, lifleri dengesizliklerinden kurtaran önemli bir endüstriyel procestir. PTT liflerine uygulanan ısıl işlem prosesleri hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. PTT filamentlerine uygulanan ısıl işlemler 150°C'de 30 saniye de uygulanmıştır ve bu işlem sonucunda PTT filamentleri çekmiş, kopma mukavemetleri düşmüş ve kopma uzamaları artmıştır (Chen ve diğ. 2011). PTT liflerine uygulanan başka bir ısıl işlem sırasında lifler sıcaklıklar 120-190°C aralığında ve 90 sn'de işlem yapılmıştır. Basınç etkisi altında sıcaklık 160°C iken uygulanan işlem ile en iyi elastiki geri dönme değerleri elde edilebildiği belirtilmektedir. Örme kumaşlar için 160°C'den daha düşük sıcaklıkların ve 60 saniyeden daha düşük sürelerin daha iyi olacağı belirtilmektedir. Örme kumaşlara uygulanan ısıl işlem boyunca sıcaklığın etkisi çalışılmıştır. Sonuçlar, sıcaklığın artması ile elastiki geri dönmenin arttığını fakat tutum karakteristiklerinin kötüye gittiğini göstermektedir. Çalışmaların sonuçları PTT lifleri için en iyi ısıl işlem sıcaklığının 160°C'nin altındaki sıcaklıklar olduğunu göstermektedir (Chen ve diğ. 2011).

UV/O₃ terbiye işlemi, sentetik ve doğal liflerin hidrofilitelerini ve katyonik boyalarla boyanabilirliklerini arttırmak için kullanılmaktadır. UV/O₃ işlemi, yüksek sıcaklık muamesesi gerektiren işlemler sırasında meydana gelebilen PTT kumaşların elastiki özelliklerinin kötüleşmesi ve sert tuşe gibi olumsuzluklardan kaçınma konusunda da faydalı olabilir. Ayrıca bu işlem buruşmazlık apresi, kalıcı

ütü apresi, çekmezlik apresi ve desenli boyama efekti oluşturma gibi terbiye işlemlerini iyileştirmek için de kullanılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Jang ve Jeong 2006).

2006 yılında bu konuda yapılmış bir çalışmada Jang ve Jeong (Jang ve Jeong 2006), nano düzeyde yüzey pürüzlülüğü oluşturmak için UV ampülü kullanarak farklı zaman aralıklarında PTT ve PET kumaşlara terbiye işlemini uygulamıştır. UV/O₃ terbiyesi ile PTT ve PET kumaşlarda nano düzeyde pürüzlülük oluşturulmakta ve böylece özellikle siyah dispers boyarmaddelerle boyanmış kumaşlarda renk derinleştirme efekti (*daha koyu renk eldesi*) sağlanabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, jang ve Jeong 2006). İşlem görmüş poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanabilirlikleri değişmezken, boyamadan önce ve sonra uygulanan UV/O₃ işleminden dolayı siyah dispers boyarmaddelerle boyanmış kumaşların açıklık/koyuluk (L^*) değerlerinde azalmalar meydana gelmektedir. Ayrıca işlem, poliester kumaşların sadece dış yüzey katmanlarını değiştirdiği için renk haslık değerlerini de geriletmemektedir. Bu yüzden boyanmış kumaşlar çok iyi yıkama ve sürtme haslığı değerleri sergiler. Ayrıca bu terbiye işlemi ile liflerin katyonik boyarmaddelerle boyanabilirlikleri de artmaktadır. UV/O₃ işlemi poliester kumaşların renklerinin derinleştirilmesi için nano düzeyde bir yüzey pürüzlülüğü oluşturma metodu olarak plazma tekniklerinin yerine geçebilmesi beklenmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, jang ve Jeong 2006).

3.3 PBT Liflerine Uygulanan Terbiye İşlemleri

PBT liflerine uygulanan terbiye işlemleri, ön işlemler (*yıkama, alkalizasyon*), boyama (*boyama ve ard-işlemler(yıkamalar)*) ve bitim işlemleri olarak sıralanabilir.

3.3.1 PBT Liflerine Uygulanan Ön İşlemler

3.3.1.1 PBT Liflerine Uygulanan Yıkamalar

Lif üzerinde bulunması muhtemel olan yumuşatma maddeleri, proses yardımcıları veya bobin yağları gibi kimyasallar düzgün bir biçimde lifler

üzerinden giderilemezse, lifler üzerinde depolanabilmekte ve daha sonra ürünlerde lekelenmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle yıkama banyosunda non-iyonik deterjanların kullanılması gerekmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Kovaleva 2006).

2007 yılında PBT lif karışımlarının (*PP/PBT karışımları*) boyamadan önce yıkanmasına verilebilecek bir reçetede lifler üzerindeki yağlar giderilebilmesi için 1,5 g/L Slovapon A ve 1 g/L Na₃PO₄ (*sodyum fosfat*) içeren bir banyoda 75°C’de 20 dakika muamele edilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Ujhelyiova ve diğ. 2007).

Yine 2007 yılında PBT lif karışımlarının yıkandığı bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada yağların giderilmesi için lif karışımları 1,5 g/L Slovapon ve 1 g/L Na₃PO₄ (*sodyum fosfat*) içeren banyoda 75°C ‘de 20 dakika işlem görmüştür (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Bolhova ve diğ. 2007).

3.3.1.2 PBT Liflerine Uygulanan Ağırlık Azaltma İşlemleri ve Diğer Ön Terbiye İşlemleri

Liflere uygulanan ön işlemlerden birinde çözücüler yardımıyla, liflere şişme, nem geri kazanımı ve boyanabilirlik gibi özellikler kazandırılabilir. Bu sayede lifler sonraki boyama prosesine hazır hale gelir. Ayrıca boyanabilirliğin geliştirilebilmesi, lif yapısının açılması, boyama sıcaklığında zincir moleküllerinin en yüksek hareketlilikte tutulması ve/veya liflerin şişirilmesi sayesinde gerçekleştirilebilir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 1997).

1997 yılında Shukla ve Mathur (Shukla ve Mathur 1997) PET ve PBT filamentlerine aynı koşullar altındaki farklı çözücülerle ön işlem uygulayarak bu çözücülerin filamentlerin şişme, nem geri kazanımı ve boyanabilirlik gibi özelliklerine etkisini incelemiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 1997). Farklı çözücülerin iki poliester üzerindeki farklı etkileri, poliesterlerin sahip oldukları yapısal farklılıklar sayesinde açıklanması mümkündür. PBT’nin sahip olduğu kristalin alanların PET’in sahip olduğu kristalin alanlara göre çok daha düzensiz olduğu bilinmektedir. Bu durum çözücülerin ve boyanın life nüfuz etmesini kolaylaştırır. PBT kaynama noktası altında PET’den çok daha fazla boya alımı sergilemektedir. Liflerin şişmesi için ön işlem uygulandığında PBT

filamentlerinin yapısı PET filamentlerinin yapısından açık olmaya devam eder. Bu durumda PET filamentlerine uygulanan ön işlem sonucunda liflerin boya alım miktarı büyük miktarda artar. Fakat ön işlem görmüş ve görmemiş PBT liflerinin boya alım miktarları neredeyse aynı kalır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 1997).

Poliester liflerine ipeğimsi bir tutum kazandırabilmek için kullanılan yöntemlerden biri liflere sodyum hidroksit çözeltisi ile işlem uygulamaktır. Bu işlem sonucunda poliester liflerinde bulunan yüzey zincirleri ayrılmakta ve polimer yüzeyinde istenilen özellikler elde edilebilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 2000). Araştırmacılar, sodyum hidroksit çözeltisi ile terbiye işlemi gören liflerin parlaklık, tutum ve leke tutmama gibi özelliklerinin iyileştiğini gözlemlemiştir. Terbiye edilmiş liflerin ağırlık kaybı oranı kontrollü olarak %15 ile %25 arasında tutulursa, boncuklanma ve statik elektriklenme eğilimleri de azalır. PBT liflerinin PET liflerine göre alkali terbiyeye karşı çok daha dirençli olması dışında PBT liflerinin alkali terbiyesi hakkında çok fazla literatür bilgisi bulunmamaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Shukla ve Mathur 2000). PBT farklı kimyasal yapısı sayesinde poliester lifi olarak önem kazandığından bu yana, PBT'nin kumaş formu üzerinde de benzer çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalar PET kumaşa uygulanan işlemler ile karşılaştırılmaktadır.

2000 yılında Shukla ve Mathur (Shukla ve Mathur 2000) yaptıkları çalışmada, iki poliester olan PBT (*Finecell, Teijin Ltd.*) ve PET farklı sürelerde ve farklı sıcaklıklarda sodyum hidroksitin hem alkollü hem de sulu çözeltileri ile işleme tabi tutulmuş ve sonuçlar numunelerin ağırlık kayıpları bakımından karşılaştırılmıştır. İşlem görmüş PBT kumaş örneklerinde PET kumaş örneklerine oranla daha az ağırlık kaybı gözlemlenmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Shukla ve Mathur 2000). %40'lık sulu sodyum hidroksit çözeltisinin PET ve PBT kumaşlar üzerindeki etkisi araştırıldığında aynı şartlar altında alkali işlem etkisinin PET kumaş örnekleri üzerinde PBT kumaş örneklerine göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Sonuçlar, 60°C'de ve 60 dak işlem görmüş PBT kumaş örneklerinin ağırlık kaybının sadece %2,20 olduğunu, PET kumaş örneklerine ait ağırlık kaybının ise %12,10 olduğunu göstermektedir. Ayrıca

sonuçlar, eŒit zaman aralıklarında alkali iŒlem sıcaklığının artması sonucunda ağırlık kaybı miktarını her iki lif için arttığını göstermektedir. %20-25 oranında sağlanacak bir ağırlık azaltma etkisi sağlamak için uygulanan iŒlem kumaŒlara yumuŒak bir tutum sağlar. Aynı zamanda, ağırlık kaybı seviyesindeki artıŒ sonucu kumaŒların kopma yükü dŒerken nem geri kazanımı marjinal bir biçimde artmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Shukla ve Mathur 2000).

PBT liflerine uygulanan herhangi bir sodyum hidroksit zeltisinin, PET liflerine uygulanandan daha az etki göstermesinin sebebi PET ve PBT lifleri arasındaki yapısal farklılıklardır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Shukla ve Mathur 2000). Bazı araŒtırmacılara göre polimerleri oluŒturan yapısal özellikler, polimerin kimyasal davranıŒlarını, kristalin ve amorf bölümler gibi fiziksel alanlardan çok daha fazla etkilemektedir. Hidrolize karŒı farklı poliester tipleri önemli ölçüde farklı duyarlılıklar sergilemektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 2000, Goodman and Rhys 1965). Poliesterlerin kimyasal yapılarında bulunan ayrıŒma reaksiyonlarına duyarlı iki ester bağı, PBT liflerinde PET liflerine göre birbirlerine çok daha uzakta bulunmaktadır. Bu nedenle ester bağlarının etkileŒimi azalmaktadır. Ayrıca poliesterlerin içerdiği metilen grupları ester bağlantılarının yakınında bulunarak onları hidrolize karŒı oldukça dayanıklı hale getirmektedir. PBT liflerinde bulunan metilen gruplarının sayısı PET liflerine göre iki kat fazladır. Bunun yanında PBT'nin α -formunda moleküler zincirler serbest durumdadır ve zincirlerin dört metilen grubu içeren bölümlerinden itibaren zincir oryantasyonu tam olarak tamamlanmamıŒtır. Bu durum alkalilerin ester bağlarını hidrolize etmesini önemli ölçüde engellemektedir. Tüm bu faktörler farklı sodyum hidroksit zeltilerinin PBT lifleri üzerinde PET liflerine göre çok daha az etki göstermesine neden olmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Shukla ve Mathur 2000, Goodman and Rhys 1965).

Ozon-gazı ile yapılan iŒlem de gaz-fazlı bir tekstil terbiye iŒlemidir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lee ve diğ. 2007). Bu iŒlem sırasında oksijen lif yüzeyine -CO- ve -COO- formlarında katılmaktadır. Ozon-gazı ile yapılan iŒlem lifin oksijen içeriğinin artmasına neden olarak life hidrofilitte sağlamakta ve boya alma oranı ve dengeli boya alımı belirgin bir biçimde artmaktadır. Hidrofilitedeki artıŒ olmasına

rağmen işlem ile birlikte kristalliğin göstergesi olan lif yoğunluğunda küçük bir artış olmaktadır. Ozon-gazı ile yapılan işlem sadece lif yüzeyi üzerinde değişikliğe sebep olmamakta aynı zamanda lifteki kristalin ve amorf bölgeler gibi içsel yapılarda da değişikliklere neden olmaktadır. Ozon-gazı ile işlem sonucunda, liflerin katyonik boyalar ile boyanma oranı önemli ölçüde artmaktadır. Aynı biçimde dispers boyarmaddelerle boyama oranı da kısmen artmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lee ve diğ. 2007).

2007 yılında yapılmış bir çalışmada Lee ve arkadaşları (Lee ve diğ. 2007) katyonik boylarla boyanabilir poliester (CDP) ve PBT kumaşları, ozon gazı ile işleme tabii tutmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lee ve diğ. 2007). İşlem atmosferik basınç altında (AP) 10 dakika ve ya 0,1 Mpa basınç altında uygulanmıştır. Daha sonra işlem görmüş kumaş örnekleri katyonik boyarmadde (C.I. Basic Red 46) ve dispers boyarmadde (C.I. Disperse Blue 56) ile boyanmıştır. CDP kumaşların nem geri kazanımı işlem ile çok az miktarda artmaktadır. İşlemden sonra PBT kumaşın nem geri kazanımı ve hidrofilitesi, katyonik ve dispers boyarmaddelerle boyanma oranları belirgin bir biçimde artmıştır. Katyonik boyarmaddelerin sağladığı ışık haslık değerleri dispers boyarmaddelerin sağladığı ışık haslık değerlerinden daha kötüdür fakat işlem ışık haslık değerlerini etkilememektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lee ve diğ. 2007).

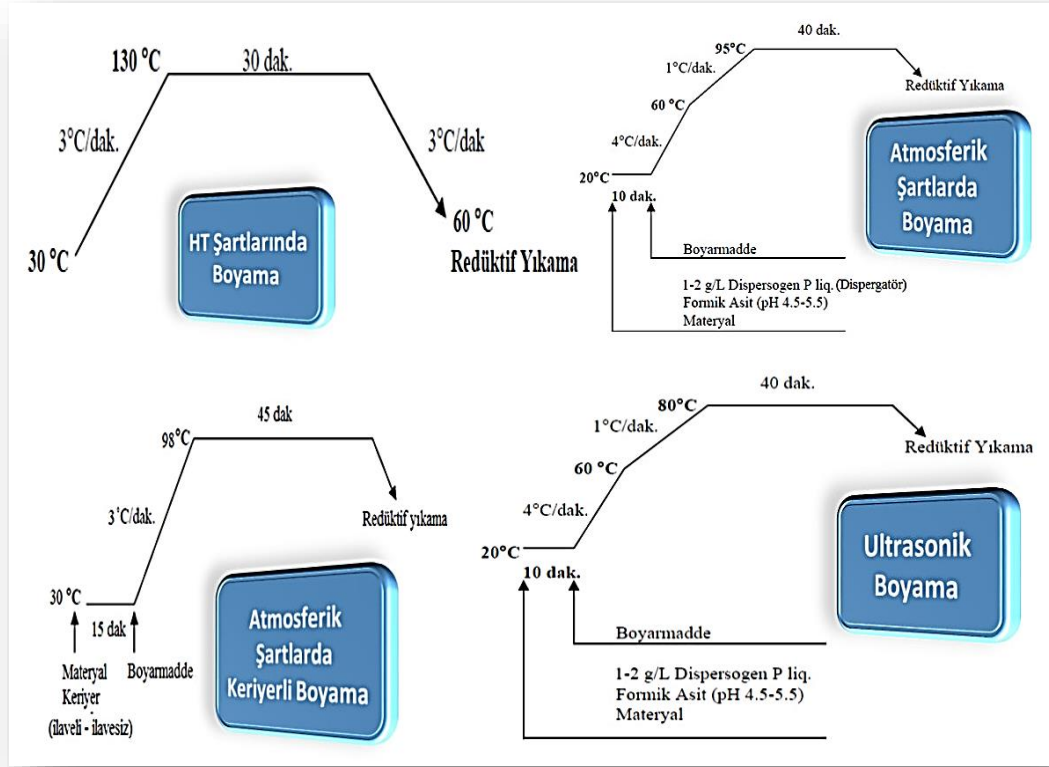
3.3.2 PBT Liflerinin Boyanması

PBT lif, iplik veya kumaş formlarında boyanabilmektedir. PBT lifleri de PTT liflerinde olduğu gibi sahip olduğu düşük camlaşma sıcaklığı (T_g) sayesinde atmosferik kaynama sıcaklığında carriere ihtiyaç duymadan dispers boyarmaddelerle rahatlıkla boyanabilmektedir (Deopuno ve diğ. 2008, Yıldırım ve diğ. 2012^c) ve bu özelliği sayesinde PBT'de tıpkı PTT gibi carriersiz boyanabilen poliester lifi olarak adlandırılabilir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Hawkyard 2004).

3.3.2.1 PBT Liflerinin ve Lif Karışımlarının Boyanması

2006 yılında Yolaçan tarafından yapılan tez çalışmasında (Yolaçan 2006), PBT, PET ve poliakrilonitril (PAN) ipliklerinin ve bu ipliklerin karışımlarının

(PAN/PBT karışım iplikler) boyanması incelenmiştir. İplikler C.I. Disperse Red 167, C.I. Disperse Orange 30 ve C.I. Disperse Blue 73 dispers boyarmaddeleri kullanılarak, ‘HT’, ‘atmosferik-carriersiz’, ‘atmosferik-carrierli’ ve ‘ultrasonik boyama’ yöntemleriyle boyanmıştır. Uygulanan proseslere ait boyama diyagramları Şekil 3.12’de verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006).



Şekil 3.12: HT, ultrasonik ve atmosferik şartlarda boyama proseslerine ait reçeteler

Çalışmanın sonuçlarına göre atmosferik boyama şartlarında carrier kullanılması renk verimini arttırmaktadır fakat bu artış çok büyük renk farklılıkları yaratacak biçimde değildir. Atmosferik boyama şartlarında boyanmış PBT ipliği HT boyama sürecinde boyanmış iplikten daha yüksek renk doygunluğuna sahip bulunmuştur. Atmosferik şartlarda boyanabilen PBT ipliğinin yüksek sıcaklıklarda boyanması sonucu renk verimi düşmektedir. Ultrasonik boyama sürecinde yapılmış boyamalarda boyarmaddelerin renk verimleri düşmektedir. Ayrıca renk farklılıkları da oldukça yüksek bulunmuştur. Sıcaklık çok önemli bir etkidir. Bunun yanında ultrasonik etki sıcaklık kadar önemli görülmemektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c,

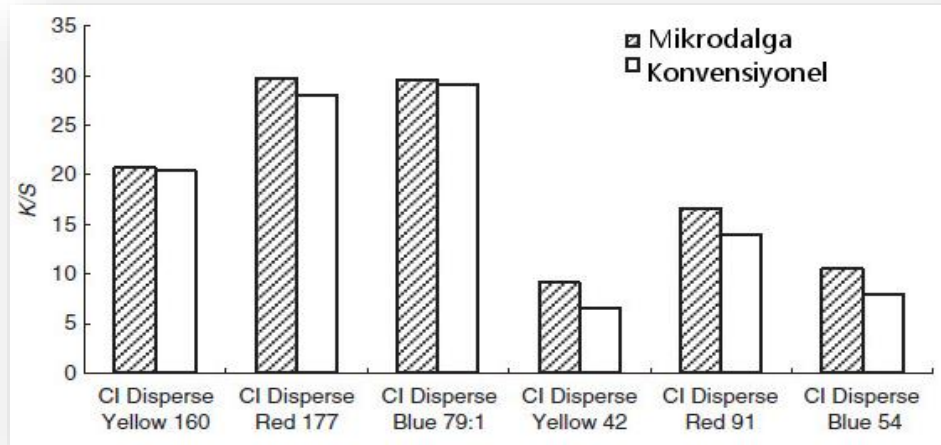
Yolaçan 2006). Çalışma sonuçları, PBT ipliğinin yıkama haslığı değerlerinin ve lekeleme değerlerinin oldukça iyi olduğunu göstermektedir. HT boyama yöntemiyle yapılmış boyamalara ait haslık değerleri diğer süreçlerden elde edilen haslık değerlerine göre daha yüksektir bulunmuştur. PBT ipliğine uygulanan iplik testleri (kopma mukavemeti ve kopma uzaması) sonucunda boyanmamış PBT ipliğinin iplik mukavemet değerleri oldukça iyi bulunmuştur. Atmosferik-carriersiz boyama yöntemiyle boyanmış PBT ipliklerinin en yüksek kopma mukavemeti değerlerini sergilediği, HT boyama yöntemiyle boyanmış ipliklerin ise en düşük kopma mukavemeti değerleri sergilediği belirtilmektedir. Sıcaklık artışı, PBT ipliğine ait kopma mukavemeti değerlerinde düşüslere neden olmaktadır. Atmosferik boyama yöntemiyle boyanmış iplikler en yüksek kopma uzaması değerleri sergilerken ultrasonik boyama yöntemiyle boyanmış iplikler en düşük kopma uzaması değerlerini sergilemiştir. Bu durum ultrasonik enerjinin PBT materyalinin kopma uzaması değerlerini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006).

2007 yılında Lee ve arkadaşlarının (Lee ve diğ. 2007) yaptığı çalışmada, PBT ve katyonik boyalarla boyanabilir poliester (CDP) kumaşları ozon gazı ile ön muamele etmiş ve kumaş örnekleri C.I. Disperse Blue 56 boyarmaddesi ve C.I. Basic Red 46 katyonik boyarmaddesi kullanılarak boyanmıştır. Boya banyosu katyonik boyarmaddeler için pH 4 olacak biçimde ve dispers boyarmaddeler için pH 5 olacak biçimde asetik asit ve sodyum asetat tampon çözeltileri (1:1) ile ayarlanmıştır. Boyama 1:100 flotte oranında ve 100°C'de gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Lee ve diğ. 2007).

Mikrodalga ısıtması hızlı, efektif ve uniform (*düzgün*) ısıtması ile konvansiyonel boyamaya alternatif bir tekniktir. Mikrodalga enerjisi materyallerin tüm parçacıklarına nüfuz edebilmektedir. Isıtma aniden ve unifrom olarak meydana gelmekte ve konvansiyonel ısıtma boyunca meydana gelebilen problemleri ortadan kaldırmaktadır. Poliesterlerin ve diğer bazı önemli liflerin boyanmasında kullanılan mikrodalga enerjisi boya alımını ve boyama oranını arttırmaktadır (Öner ve diğ. 2013).

2013'de yapılmış bir çalışmada Öner ve arkadaşları (Öner ve diğ. 2013), PBT liflerinden üretilmiş bir kumaşı, yüksek enerji seviyeli C.I. Disperse Red 177

(*Dianix Red S-G*), Disperse Yellow 160 (*Dianix Yellow S-G*) ve C.I. Disperse Blue 79:1 (*Dianix Navy S-G 200%*), Disperse Yellow 42 (*Dianix Yellow AM-42*), C.I. Disperse Red 91 (*Dianix Red AM-B*) and C.I. Disperse Blue 54 (*Dianix Blue AM-R*) boyarmaddelerini kullanarak atmosferik şartlar altında mikrodalga enerjili ve mikrodalga enerjisiz olarak 400 ml cam beherlerde boyamıştır. Boyamalar %1 boya konsantrasyonunda ve 1:20 flotte oranında gerçekleştirilmiştir. Boyamaların pH'ı 4.5-5.5'e asetik asit ile ayarlanmıştır ve her bir boya flottesine içine 1 g/l dispergator (*Lyocol RDN; Clariant*) kullanılmıştır. Mikrodalga enerjisi kullanılmadan gerçekleştirilen boyamalar, 20°C'de başlatılmış, 60°C'ye kadar 4°C/dak hızla yükseltilmiş, daha sonra 98°C'ye kadarda 1°C/dak hızla ısıtılmıştır. Boyama işleminde bu sıcaklıkta 40 dakika işlem yapılmıştır. Son olarak boya banyosu soğutulmuş ve örnekler çıkartılmıştır. Mikrodalga ile boyama işlemi max gücü 700 W olan White westing house mikrodalga fırını ile gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminde sıcaklık 20°C'den 98°C'ye yükseltilirken enerji seviyesi 460 W'a ayarlanmıştır, daha sonra sıcaklık 98°C'ye yükseldiğinde mikrodalga 120 W güce ayarlanmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kumaşlar fırından çıkartılmış ve soğutulmuştur. Daha sonra tüm numuneler durulanmış, yıkanmış ve redüktif yıkamaya maruz bırakılmıştır. Boyanmış kumaşlara ait K/S değerleri ve değerlerin karşılaştırılması Şekil 3.13'te verilmiştir (Öner ve diğ. 2013).



Şekil 3.13: Mikrodalga enerjisi kullanılan ve konvensiyonel yöntemlerden elde edilen K/S değerleri

Çalışmanın sonuçları mikrodalga enerjisinin PBT kumaşların boya alımı değerlerini arttırdığını göstermiştir. Ayrıca dispers boyarmaddeler ile

gerçekleştirilen boyamalar iyi renk özellikleri ve yeterli haslıklar sağlamaktadır. Mikrodalga enerjisi ile boyanmış PBT kumaşların K/S değerleri konvensiyonel yöntemlerle boyanmış PBT kumaşların değerleri ile neredeyse aynıdır. Bu durum, farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyama işlemleri ile neredeyse aynı renk verimi değerlerine ulaşılabilirdiğini göstermektedir. Bu boyama ile iyi haslık özelliklerine sahip boyamalar liflerin mukavemetinde kayıp olmadan gerçekleştirilebilmiştir (Öner ve diğ. 2013). Mikrodalga ısıtması volumetrik (*hacimsel*) bir ısıtmadır ve bu ısıtma konvensiyonel ısıtmadan biraz farklıdır. Volumetrik ısıtmada materyal mikrodalga enerjisini direkt olarak ve içine absorbe etmekte ve onu ısıya çevirmektedir. Buda hızlı, kontrollü, dikkatli ve uniform bir ısıtma gibi avantajlar sağlamaktadır. Dahası, mikrodalga ısıtma polimer içindeki organik moleküllerin difüzyonunu arttırmakta ve buda polimerik tekstiller içindeki boyarmaddelerin fiksaj oranlarını arttırabilmektedir. Bu metodun enerjisiyi koruması, zaman kazandırıcılığı ve maliyet verimliliği, onu tekstilde yapılan boyamalar için umut verici hale getirmektedir (Öner ve diğ. 2013).

Literatürde yer alan çalışmalarda PBT liflerinin diğer liflerle oluşturduğu karışımların boyanması ile ilgili de birçok çalışma görmek mümkündür. Elde edilen sonuçlar, PBT liflerinin sahip olduğu kolay boyanabilirlik özelliğinin karışımlara da yansıdığını göstermektedir.

PBT liflerinin boyanmasında çektirme metodu dışında farklı metodlar da kullanılabilir. Ultrason destekli boyama metodu bu yöntemlerden biridir. 2005 yılında PBT'nin ultrason destekli boyanması ile ilgili yapılmış bir çalışmada araştırmacılar, şişirilmiş ve şişirilmemiş PBT ve PET lifleri düşük frekanslı ultrasonla ve ultrasonuz şartlar altında boyanmıştır. Çalışmanın sonuçları, boyama derecesi geleneksel ticari boyama prosesleri kadar yüksek olmasa bile ultrasonik boyama metoduyla liflere boya moleküllerinin difüzyonunun arttığını göstermektedir. Ultrasonik boyama metodu ile boyama oranı artmakta, enerji ve süre tüketiminde tasarruf sağlanmaktadır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Vajnhandl ve Marechal 2005).

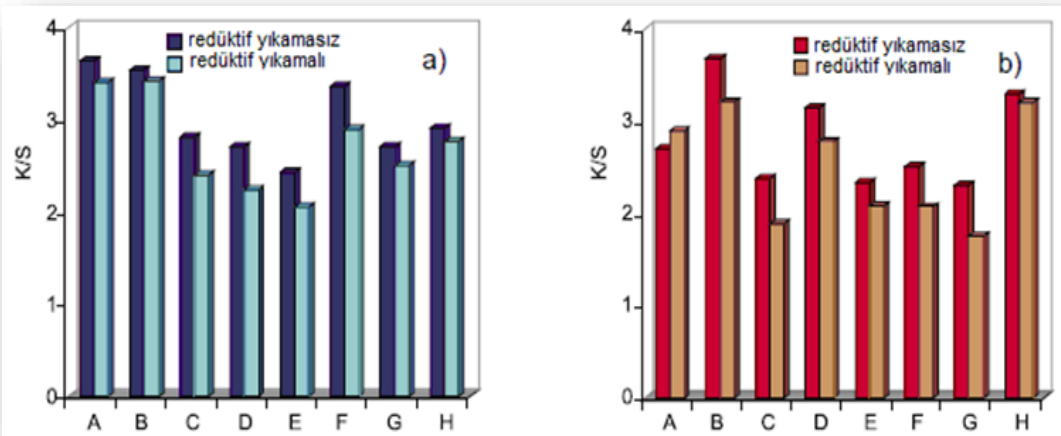
Yolaçan 2006 yılında yaptığı çalışmada iplik formundaki PBT/PAN (%83 PAN, %17 PBT) karışımlarının boyanmasını incelemiştir. Karışım iplikler 'Tek Banyolu' ve 'İki Banyolu' yöntemler kullanılarak dispers ve bazik boyarmaddeler

yardımıyla boyanmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006). İki banyolu yönteme göre yapılan boyamada öncelikle karışımın PBT kısmı, daha sonra PAN kısmı boyanmaktadır. Çalışmanın sonuçları tek ve iki banyolu boyama yöntemlerine göre boyanmış ipliklerin renk verimlerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. İki banyolu yöntemde daha yüksek sıcaklıklarda çalışmak boyamann verimini artırmaktadır. Bunun yanında PAN/PBT karışım ipliklerin boyanmasında kullanılan yardımcı kimyasalları bazik ve dispers boyarmaddelerin boya alımı değerlerini kötü etkilemektedir. PAN/PBT karışım ipliklerine ait yıkama haslığı lekeleme değerleri, iki banyolu yöntemde daha iyi değerler sağlamaktadır. İki banyolu yöntemde öncelikle PBT kısmının boyanıp ardından ipliklere redüktif yıkama yapılması haslıkları artırıcı bir etki yapmaktadır. Ayrıca iki banyolu yöntemde bazik ve dispers boyarmaddeler aynı banyoda bulunmadıkları için iplik karışımları lekelenmemektedir. Kopma mukavemeti ve kopma uzaması testleri PAN/PBT karışım ipliklerinin kopma uzaması ve mukavemeti değerlerinin PBT'nin aynı değerlerinden daha düşük olduğunu göstermiştir. Karışım ipliklerin kopma mukavemeti değeri tek banyolu yönteme göre boyanmış ipliklerde daha yüksek bulunmuştur. İki banyolu yönteme göre boyanmış ipliklerin kopma uzaması ve mukavemeti değerleri daha yüksek sıcaklıklarda çalışıldığı için kötü etkilenmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006).

2006 yılında Klanċnik PET/PTT bikomponent ipliğinin, iki farklı PBT ipliğinin ve PET multifilament tekstüre ipliğinin boyanabilirliklerini araştırmıştır. Çalışmada iplik örnekleri renk karakteristikleri, renk verimi (*K/S*) ve haslık özellikleri bakımından incelenmiştir. Boyama işleminde orta enerji seviyeli Terasil Yellow GWL-01 (C.I. Dispers Yellow 42, kimyasal olarak nitrodifenilamin (Ciba)) ve yüksek enerjili azo Terasil Red W-RS (iyi yıkama haslığına sahip, C.I. Dispers Red 378, (Ciba)) boyarmaddeleri kullanılmıştır. Elde edilen boyamaların sonuçları, PBT ipliklerle 105°C'de en iyi boyama sonuçlarına liflerin yüksek enerjili boyarmaddelerle boyanması neticesinde ulaşılabileceğini göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanċnik 2006). Boyama sıcaklığının daha fazla artması PBT ipliklerinin renk verimini çok büyük ölçüde etkilememektedir. PBT ipliği ile karşılaştırıldığında bikomponent ipliklerin bir bileşeni olan PET yüksek sıcaklıklarda daha fazla boya alımı sergilemektedir. PET/PTT karışım ipliklerinin 120-130°C aralığındaki sıcaklıklarda sahip olduğu renk verimi değerleri

PBT-2 ve PET ipliklerinden yaklaşık olarak 1,3 kat, PBT-1 ipliğinden ise yaklaşık olarak 1,1 kat daha fazladır. Bu durum PET/PTT ipliklerinin renginin diğer ipliklerden daha koyu ve doygun görünmesine neden olmaktadır. İpliklerin genel olarak haslık değerleri iyi bulunmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Klanc̃nik 2006).

2007 yılında Bolhova ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, PP/PES karışım lif örneklerini boyanmış ve bu örneklerin renk özelliklerini incelemiştir. Karışım PP/PES lifleri farklı tiplerde PES (PET, PBT, PTT) ve bu poliestерlerin çeşitli karışımlarını (PET/PBT, PET/PTT, PBT/PTT ve PET/PBT/PTT) içermektedir. Karışım lif numuneleri 1 g/L Kortamol NNO (dispersant), 2 g/L (NH₄)₂SO₄ (amonyum sülfat), 0,17 g/L Texavin içeren bir banyoda, %1 renk koyuluğunda, C.I. Disperse Blue 79 ve C.I. Disperse Violet 95 boyarmaddeleri kullanılarak 98°C’de boyanmıştır. Çalışmaya göre A lif tipi PET, B lif tipi PP/PET, C lif tipi PP/PBT, D lif tipi PP/PTT, E lif tipi PP/PET/PBT, F lif tipi PP/PET/PTT ve G lif tipi PP/PBT/PTT olarak verilmiştir. Sonuçlara göre dispers boyarmaddelerin PP/PES karışım liflerine afinitesinin PP matrisinde dağılımı PES’in tipinden ve içeriğinden etkilenmektedir. Sonuçlar, boyamadan sonra gerçekleştirilen redüktif yıkama işleminin *K/S* değerini azalttığını göstermektedir (Şekil 3.14). Tüm karışım lif örnekleri düzensizlik içermeyen bir biçimde boyamabilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Bolhova ve diğ. 2007).



Şekil 3.14: Disperse Blue 79 (a) ve Disperse Violet 95 (b) ile 98°C’de boyanmış PP/PES karışım lif tipleri ve lif tiplerinin *K/S* bağımlılıkları

Yine 2007 yılında yapılmış bir çalışmada modifiye edilmemiş polipropilen (PP) liflerinin çektirme yöntemi ile boyanmasını, liflere düşük boyarmadde afinitesi ve boyanmış liflerde kötü boyama parametreleri (*kötü renk haslığı, yıkama ve kurutma temizleme haslığı vb*) ile karakterize eden Ujhelyiova ve arkadaşları (Ujhelyiova ve diğ. 2007), PP matrisine poliesterlerin eklenmesi ile dispers boyarmaddelerin life bağlamasını mümkün kılmış ve banyodan life boya alımını arttırmayı başarmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar PP/PES karışım liflerinin boyanma kinetiklerine iki poliester lifinin (PET ve PBT) etkisini incelemiştir. Boyama işleminde C.I. Disperse Blue 56 (*Terasil Blue 3RL*) boyarmaddesi kullanılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Ujhelyiova ve diğ. 2007).

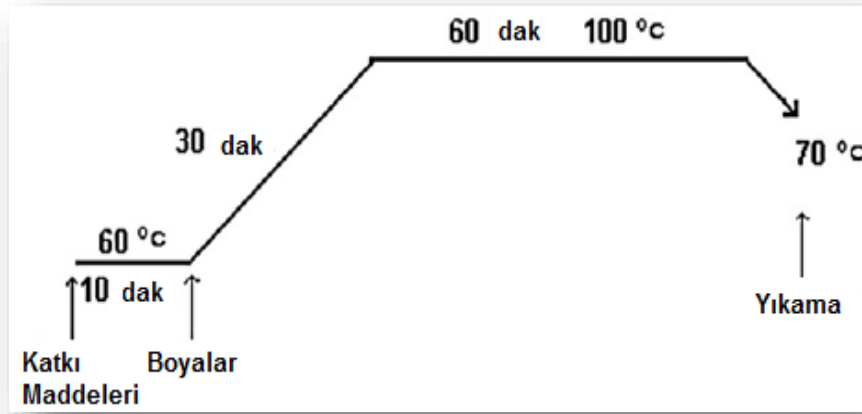
Boyarmadde PP/PES liflerine ilk olarak absorbe edildiğinde hem boyarmadde lif gözeneklerine nüfuz etmekte hem de denge durumuna ulaşılmaktadır. PP/PES lif karışımları tarafından alınan boyarmaddenin miktarı ve boya adsorpsiyonu boyarmaddenin life afinitesine ilave olarak lifin kimyasal yapısında boyarmadde fiksajını mümkün kılan, yeterli sayıda aktif alan yani amorf alan varlığına bağlıdır. Aktif alanların miktarı artan sıcaklık ile artmakta ve aynı zamanda birçok poliesterin molekül zincir hareketleri de artan sıcaklıkla değişmektedir. Bu bilgi PP/PES karışım liflerine boyarmadde miktarının boyama sıcaklığı arttıkça artacağı verisini desteklemektedir. Ayrıca PP/PES karışım liflerinin boya alım miktarları boyama süresi arttıkça da artmaktadır. PBT'nin sahip olduğu moleküler zincirler PET'in sahip olduğu zincirlerden daha esnektir. Bu durumda PET ile modifiye edilmiş PP/PES karışım liflerine göre PBT ile modifiye edilmiş PP/PES karışım liflerine boya moleküllerinin difüzyonu çok daha yavaş olacaktır. Çalışmanın sonuçları da PBT ile modifiye edilmiş PP/PES karışım liflerinin tüm sıcaklıklarda en yüksek boyanabilirlik değerlerine sahip olduğunu göstermiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Ujhelyiova ve diğ. 2007).

2009 yılında Zou ve arkadaşları (Zhou ve diğ. 2009) çeşitli oranlarda Politrimetilen-ko-bütülen tereftalat (PTBT) kopolimer filamentlerini eriyikten lif çekimi yöntemini kullanarak çekmeyi başarmıştır. Elde edilmiş filamentler %2 renk koyuluğunda C.I. Disperse Blue 56 ile 1:50 flote oranında HT şartlarında ve atmosferik şartlarda boyanmıştır. PTBT kopolimerindeki PTT içeriğinin artması ile renk verimi değeri ve boya alım miktarı artmaktadır. Sonuçlar kopolimer

filamentlerin atmosfer koşulları altında da boyanabildiklerini göstermektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yıldırım ve diğ. 2012^d, Zhou ve diğ. 2009).

Carrierler oldukça yüksek derecede toksik ve kanserojen kimyasallardır ve tekstil atıklarında kalıcıdır. Bu kimyasallar dispers boyarmaddelerle boyanan ve baskı yapılan hidrofob liflerde difüzyon hızlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Hidrofob PP lifleri yüksek kristalli yapıları ve moleküler zincirleri içinde boyama alanlarının eksikliğinden dolayı geleneksel boyama yöntemleri ile boyanamayabilmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010).

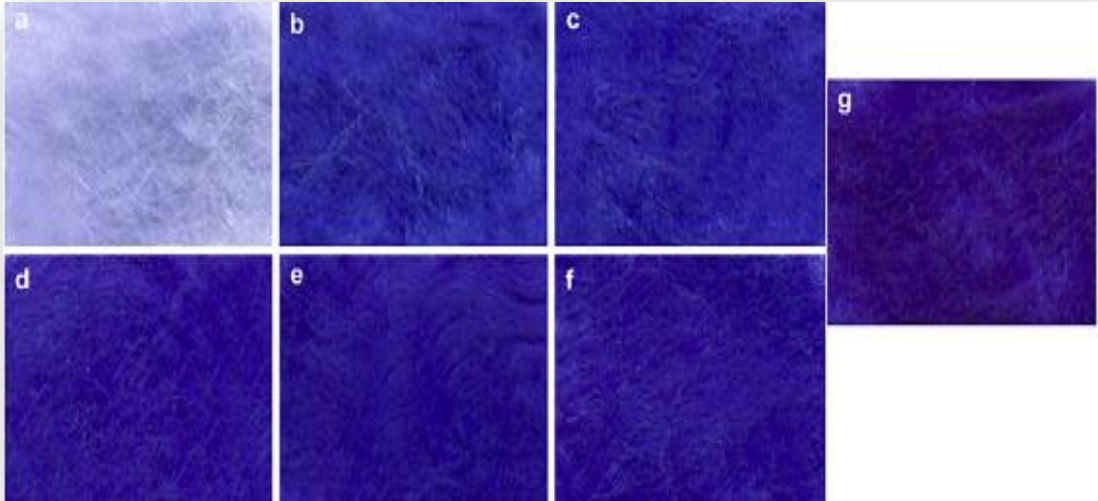
2010 yılına gelindiğinde Tavanaie ve arkadaşları (Tavanaie ve diğ. 2010) boyanabilir polipropilen (PP) lifleri elde etmek için PP ile PBT'yi çeşitli oranlarda karıştırmış ve eriyikten lif çekimi yöntemini kullanarak çeşitli lif örnekleri elde etmeyi başarmıştır. Elde edilen karışım lifler, PP lifleri ve PBT lifleri C.I.Disperse Blue 56 boyarmaddesi kullanılarak boyanmıştır. Bu çalışma ile çevreye dost carriersiz konvensiyonel yöntemle gerçekleştirilen boyama işleminin gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği incelenmiştir. Sonuçlar tüm PP/PBT karışım lif örneklerinin carrier kullanılmadan konvensiyonel yöntemle boyanabilmelerinin mümkün olduğunu göstermektedir. Saf ve PP/PBT alaşım lif örneklerine uygulanan çektirme boyama süreci Şekil 3.15'te verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010).



Şekil 3.15: Saf ve PP/PBT karışım lif örneklerinin çektirme yöntemine göre boyanma diyagramı

Çalışmanın sonuçları boyanan örneklerin boya alım miktarlarının karışım içeriğindeki PBT dağılımının artması ile önemli miktarda arttığını göstermektedir

(Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010). Bu durumun kristalleşme oranında meydana gelen düşüşten kaynaklandığı düşünülmektedir. PP/PBT karışım lif örneklerinin toplam kristalleşme miktarları, karışımda artan PBT içeriği ile önemli ölçüde düşmekte, artan amorf içerik sonucu boyanın büyük bölümü life nüfuz edebilmektedir. Bu faktör PP/PBT karışım lif örneklerinin renk yoğunluğunu geliştirmeye yardımcı olmaktadır. %40 oranında PBT içeren PP/PBT karışım lif örnekleri en az saf PBT lif örnekleri kadar iyi boya alım miktarlarına sahiptir. Carriersiz boyanabilen PP/PBT lif karışım örneklerinde en yüksek boya alım miktarlarına eriyikten lif çekimi sırasında uygun karışım oranının ve etkin dağılımlı karışımın seçilmesi sonucu ulaşılabilmektedir. Matematiksel hesaplamalar sonucunda karışım liflere ait optimal karışım miktarına %72/28 (PP/PBT) oranında ulaşılabilmektedir. Boyanmış saf ve karışım lif örnekleri Şekil 3.16'da verilmiştir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010).



Şekil 3.16: Boyanmış lif örnekleri; (a) Saf PP, (b) %5 PBT, (c) %10 PBT, (d) %20 PBT, (e) %30 PBT, (f) %40 PBT, (g) Saf PBT

Boyanmış tüm karışım lif örneklerinde, saf PP lif örneği dışında, ve saf PBT liflerinde homojen bir renklendirme sağlanmaktadır. Boyanmış ve boyanmamış örneklerin mekanik özellikleri arasında çok büyük bir farklılık bulunmadığı gözlemlenmiştir. En büyük farklılık saf PBT örneğinde gözlemlenmiştir fakat bu miktarlarda bir farklılık tekstil uygulamaları için kabul edilebilir değerlerdedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010). Karışım lif örnekleri arasında en iyi kopma uzaması ve çekme mukavemeti değerleri matematiksel ölçümler ile elde

edilmiş (PP/PBT - %72/28) optimum karışım oranına karşılık gelen %30 PBT dağılımlı örneklerle aittir. Tüm PP/PBT karışım lifleri sabunlamaya karşı güçlü haslık değerleri ve çok iyi ışık haslığı değerleri sergilemektedir. Ayrıca, tüm PP/PBT karışım lif örneklerinin yıkama ve ışık haslığı değerleri oldukça iyidir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010).

3.3.2.2 PBT Liflerine Uygulanan Ard Yıkamalar

Boyama işlemi bitirildikten sonra optimal haslıklara ulaşmak için polimer matrisine nüfuz etmeden yüzeyde birikmiş boyarmaddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Kovaleva 2006). Bu nedenle boyama işleminden sonra çeşitli yıkama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

2006 yılında PBT ipliklerine uygulanan redüktif yıkamalara verilebilecek bir örnek reçetede ise boyanmış iplik örnekleri 4 ml/L NaOH (sodyum hidroksit) (36 °Bé), 2 g/L Na₂S₂O₄ (hidrosülfit), 1 g/L non-iyonik yıkama maddesi (Depicol RC9) içeren bir banyoda işlem görmüştür. İşleme 50°C’de başlanmış, 4°C/dak hızla 70°C sıcaklığa ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 20 dakika işlem gerçekleştirildikten sonra soğuk durulama yapılmıştır (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Yolaçan 2006).

2006 yılında yapılmış başka bir örnekte ise boyanmış iplik örnekleri, 2 g/L Na₂S₂O₄ ve 1 g/L Eriopon OS (noniyonik tensid), 3 ml/L NaOH 38 °Bé içeren 1:40 flotte oranında bir banyoda 60°C’de 20 dakika redüktif yıkama işleminden geçirilmiştir. Daha sonra iplikler soğuk ve sıcak suyla durulanmış, asetik asit ile nötralize edilmiş ve oda sıcaklığında kurutulmuştur (Klančnik 2006).

2010 yılında PBT lif karışımlarına uygulanan yıkamalara verilebilecek bir örnekte boyanmış lif karışım örnekleri boyama banyosundan alınmış ve su ile durulanmıştır. Daha sonra 1,5 g/L noniyonik tensid içeren 1:30 flotte oranında bir sabunlama banyosunda 40°C’de 30 dakika işlem yapılmıştır. Su ile durulamanın ardından örnekler oda koşullarında kurutulmuştur (Yıldırım ve diğ. 2012^c, Tavanaie ve diğ. 2010).

2013 yılında PBT kumaşalara uygulanan bir redüktif yıkama işleminde numuneler, 1:20 flote oranında 2 g/l sodyum dityonit (*Merck*), 1 g/l noniyonik sürfaktan (*Perlavin OSV*) ve 2 g/L sodyum karbonat içeren bir banyoda 60°C 15 dakika işleme maruz bırakılmıştır (Öner ve diğ. 2013).

3.3.3 PBT Liflerine Uygulanan Bitim İşlemleri

1996 yılında PBT liflerine uygulanan ısı işlemler ile ilgili yapılmış bir çalışmada PBT iplikleri farklı sıcaklıklarda ve sürelerde ısı işleme maruz bırakılmıştır. Daha sonra iplikler Foron Brilliant Orange ERLI (C.I. Disperse Orange 25) ve Foron Navy Blue S-2 GLI (C.I. Disperse Blue 79) boyarmaddeleri ile dispergatör (Lycol OI) eşliğinde boyanmıştır. Çalışmanın sonuçları, 140°C sıcaklığın ve 60 sn sürenin kullanışlı özelliklerini etkilemeden PBT ipliğinin optimum boyutsal stabilitesine ulaşıldığını göstermektedir (Mathur ve diğ. 1996).

2013 yılında yapılmış bir çalışmada Chen ve arkadaşları (Chen ve diğ. 2013) atmosferik basınçta plazma ile PBT dokusuz yüzey kumaşların poli(N-izopropilakrilamid) (*PNIPAAm*) kaplanması sonucunda PBT yüzeylerin su geçirgenliğinin modifiye edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, PBT dokusuz yüzeyleri üzerine uygulanan *PNIPAAm* ile lifin su geçirgenliği artmaktadır ve bu life değer katmaktadır (Chen ve diğ. 2013).

2014 yılında yapılmış bir çalışmada Wang ve ark. (Wang ve diğ. 2014) PBT dokusuz yüzey kumaşların ıslanabilirlik özelliklerini alkali hidroliz ve ardından florlama işlemi ile ayarlamıştır. Lif matları yüzey hidrolizi için, farklı sıcaklıklarda kontrollü süre periyotlarında kostik (*NaOH*) metanol çözeltisine maruz bırakılmıştır. Daha sonra yüzeye florlama işlemi yapmak için basit bir solüsyon uygulanmıştır. Hidroliz, materyalin bütünlüğünü (sağlamlığını, integrity) ve orijinal büyüklüğünü bozmadan, kütle kaybına neden olmaktan ve gözeneklilik sağlamaktadır. Aynı zamanda hidroliz, hidrofilik karboksil ve hidroksil grupları ile bezenmiş, pürüzlü ve süngerimsi bir lif yüzeyi oluşturmaktadır. Bu kimyasal ve fiziksel yüzey modifikasyon kombinasyonu life süperhidrofilite katmaktadır (Wang ve diğ. 2014).

4. MATERYAL METOD

4.1 Materyal

Boyama işlemlerinde %100 78 dTex, 94 filament yarı mat PTT ipliklerinden ve %100 78 dTex, 24 filament parlak PBT ipliklerinden üretilmiş süprem örme kumaşlar kullanılmıştır.

4.2 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Uygulamalarda kullanılan boyarmaddeler, kimyasallar ve üretici firma isimleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Kullanılan boyarmaddeler, kimyasallar ve üretici firmalar

Kimyasal İsmi	Üretici Firma
C.I. Disperse Red 167:1 (<i>Büyük</i>) (Foron Rubine S-2GFL)	Clariant GmbH
C.I. Disperse Red 65 (<i>Küçük</i>) (157 Serilene Darkred FL150)	Yorkshire Group pic
Dispergator (Setamol BL)	BASF
ECE A deterjan	SDC
ECE B deterjan	SDC
Sodyum Perborat	Merck
Sodyum Klorit (NaCl)	Merck
<i>l</i> -histidine monohydrochloride monohydrate (C ₆ H ₉ O ₂ N ₃ .HCL.H ₂ O)	Merck
disodium hydrogen orthophosphate dihydrate (Na ₂ HPO ₄ .2H ₂ O)	Merck
Aseton	Etki
Sodyum dityonit (Na ₂ S ₂ O ₄)	Merck
Sodyum hidroksit (NaOH)	Kimetsan
Asetik asit	Emboy
Sodyum Asetat	Merck

4.3 Kullanılan Makine – Teçhizat ve Yardımcı Malzeme Listesi

Çalışmalarda kullanılan tüm makineler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Kullanılan Makine – Teçhizat listesi

Adı/Modeli	Üretici Firma	Kullanım Amacı
Ataç lab dye HT boyama makinesi	Ataç makine	Konvensiyonel yöntemle yapılan boyamaların ve redüktif yıkamaların yapılmasında kullanılmıştır.
Mikrodalga Fırın (<i>Arçelik MD 595</i>)	Arçelik A.Ş.	Mikrodalga enerjisi kullanılarak boyamaların yapılmasında kullanılmıştır.
Ultrasonik Banyo (<i>WiseClean WUC-D10H (40 kHz) 200 WHF-power</i>)	PMI-Labortechnik GmbH, Korea	Ultrasonik enerji kullanılarak boyamaların yapılmasında kullanılmıştır.
Ultrasonik homojenizer (<i>Sonopuls SH213G, HD3200 (20 kHz)</i>)	Bandelin electronic GmbH &co. KG	Ultrasonik enerji kullanılarak boyamaların yapılmasında kullanılmıştır.
Renk ölçüm cihazı (<i>DataColor SpectraFlash 600</i>)	Datacolor International, USA	Numune kumaşların renk değerlerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesinde kullanılmıştır.
UV Visible Makinesi (<i>Perkin Elmer UV spektrofotometre</i>)	Perkin Elmer	Kımaşın boyama flottesinden aldığı boya miktarının bulunmasında kullanılmıştır.
Ter haslığı ölçüm ünitesi	SDL Atlas	Numune kumaşların terlemeye karşı (asidik ve bazik), suya karşı ve deniz suyuna karşı renk değişimlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Etüv (<i>Nüve Dry Heat Sterilizer FN120</i>)	Nüve	Asidik ve bazik ter haslıklarının, deniz suyu haslığının ve su haslığının ölçülmesinde kullanılmıştır.
Sürtme haslığı ölçüm makinesi (<i>James Heal Model 670 Hand Driven Crock master</i>)	James Heal	Numune kumaşların sürtmeye karşı renk haslıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.
Yıkama haslığı makinesi (<i>M228 Rotawash machine</i>)	SDLAtlas, UK	Numune kumaşların yıkamaya karşı renk haslıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.
Süblimasyon haslığı test cihazı (<i>SDL Atlas scorch tester</i>)	SDL Atlas	Numune kumaşların süblimasyon haslıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.
Işık haslığı test cihazı	Xsenon Alpha light fastness	Numune kumaşların ışık haslıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.
Kopma mukavemeti test cihazı (<i>Titan 3 Universal Strength Tester</i>)	James Heal	Numunelerin mukavemet ve elastikiyet değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

4.4 Kullanılan Standartlar ve Ölçümler

Boyamalar sonucunda elde edilen numunelere uygulanan ölçümler, kullanılan standartlar ve ölçüm metodları Tablo 4.3'te ve alt başlıklar altında anlatılmıştır.

Tablo 4.3: Ölçümlerde kullanılan test metodları

Testin adı	Kullanılan Standart
Asidik ve bazik ter haslığı	ISO 105: E04
Sürtme haslığı	ISO 105: X12
Yıkama haslığı	ISO 105:C06 A2S
Su haslığı	ISO 105: E01
Işık haslığı	ISO 105: B02
Süblimasyon haslığı	EN ISO 105-X11
Deniz suyu haslığı	ISO 105: E02
Mukavemet testi	ASTM 5034 (Grab test)
Elastikiyet testi	BS 4952

4.5 Ön Yıkama İşlemi

PTT ve PBT liflerinin üzerinde bulunan yabancı maddelerin uzaklaştırılabilmesi için bir ön yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. %100 PTT ve PBT kumaşlar 1g/L ECE A deterjanı eklenerek 40°C'de 15 dakikalık yıkama ve sonrasında 15 dakikalık durulama işlemine tabii tutulmuştur. Daha sonra kumaşlar serilerek standard laboratuvar şartları altında kurumaya bırakılmıştır.

PTT ve PBT liflerine ait literatür bilgisi, liflerin sıklıkla sentetik ve doğal lifler ile karışımlar halinde kullanıldığını göstermektedir. Yani %100 PTT lifli ve/veya %100 PBT lifli olarak pek kullanım alanı bulmamaktadır. Bu yüzden, bu iki lifin sıklıkla diğer liflerle karışım halinde kullanılması nedeniyle, terbiye işlemlerinden önce normal şartlarda %100 sentetik lifli kumaşlara uygulanan herhangi bir ön-fiksaj işlemi bu çalışmada uygulanmamıştır.

4.6 Boyama İşlemi

Tüm boyama proseslerinde %100 PTT ve %100 PBT liflerinden üretilmiş kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşlar konvensiyonel yöntemle, mikrodalga enerjisinin kullanıldığı mikrodalga yöntemiyle ve ultrasonik enerjinin kullanıldığı ultrasonik

banyo ve ultrasonik homojenizer yöntemleriyle boyanmıştır. Tüm boyamalarda lifleri boyamak için büyük moleküllü C.I. Disperse Red 167:1 ve küçük moleküllü C.I. Disperse Red 65 dispers boyarmaddeler, %2 boya konsantrasyonunda kumaşlara uygulanmıştır. Boyamalarda Tablo 4.4'de verilen boyama reçetesi kullanılmıştır.

Tablo 4.4: Dispers Boyama reçetesi

Dispers Boyarmadde (<i>C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük) ve C.I. Disperse Red 65 dispers (Küçük)</i>)	%2 Boyarmadde
Dispergator (SBL)	1 g/L
pH (4, 5, 6)	Sodyum asetat, sodyum hidroksit ve asetik asit ile ayarlandı
Su	Saf su

4.6.1 Konvansiyonel Yöntemle Boyamada Uygulanan Prosedür

Konvansiyonel yöntemle boyama işlemi ATAÇ LAB DYE HT model laboratuvar tipi boyama makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).

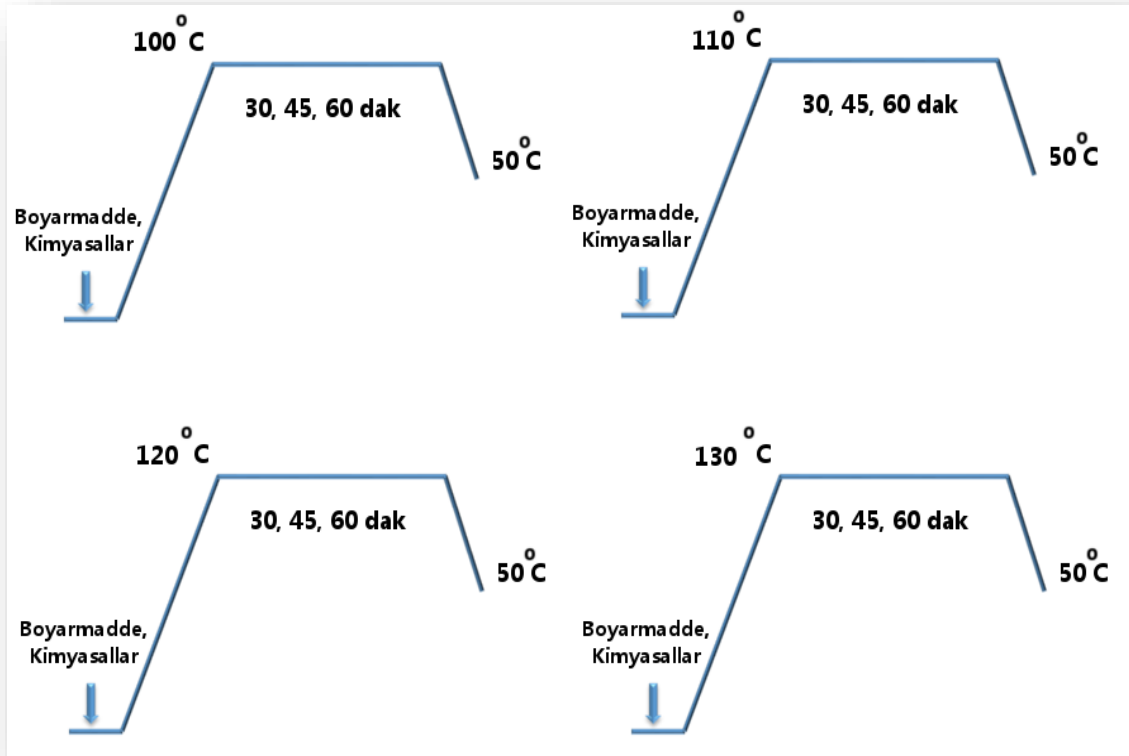


Şekil 4.1: ATAÇ LAB DYE HT Lab Tipi boyama Makinesi

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında şartların optimizasyonu için (*renk, elastikiyet ve mukavemet değerleri için*) boyamalar iki kademedede gerçekleştirilmiştir.

Birinci Kademe

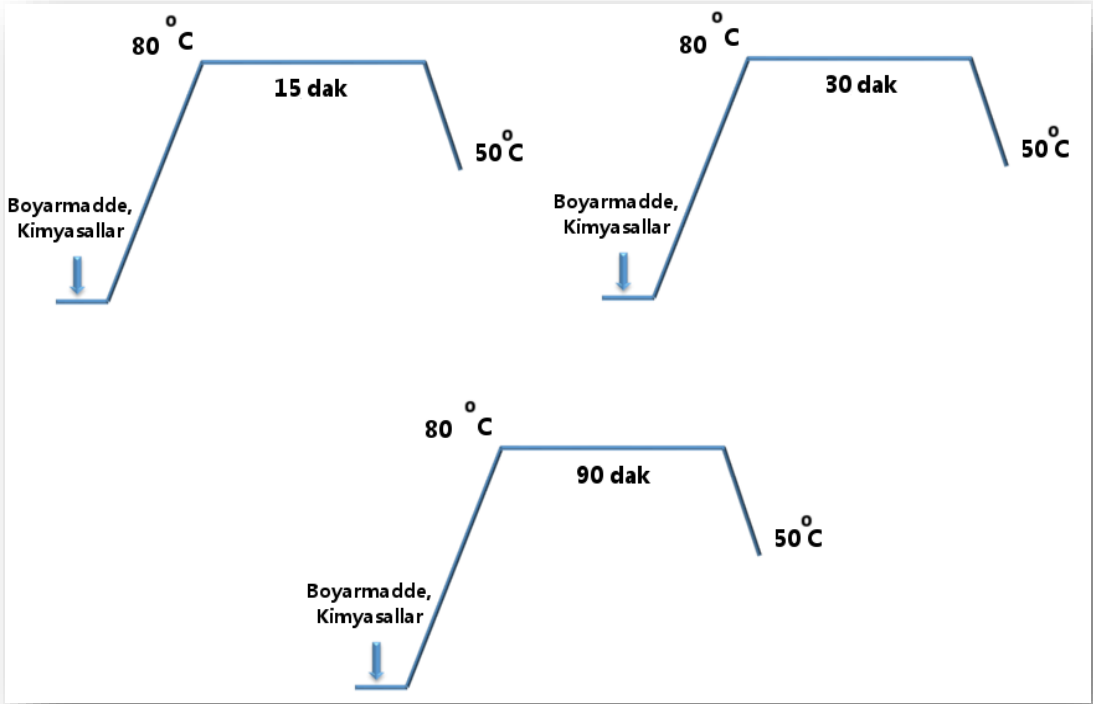
Birinci kademedede PTT ve PBT liflerini boyamak için gerekli optimum şartları elde edebilmek için lifler 100°C, 110°C, 120°C ve 130°C’lerde boyanmıştır. Sıcaklık 22°C’den 100, 110, 120 ve 130°C’ye 1°C/dakika hızla yükseltilmiştir. Tüm sıcaklıklarda pH değerlerinin boyamalara olan etkisinin anlaşılabilmesi için pH değerleri 4’e, 5’e ve 6’ya ayarlanmıştır. Tüm etkenlerin yanında boyama süresinin de etkilerini görebilmek için boyamalar tüm sıcaklıklarda 30, 45 ve 60 dakikalarda gerçekleştirilmiştir. Boyamalar 1:30 flote oranında ve Tablo 4.4’deki boyama reçetesi kullanılarak yapılmıştır. Boyama işlemine ait grafikler Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2:100°C, 110°C, 120°C ve 130°C’deki boyamalara ait boyama grafikleri

İkinci Kademe

Bu aşamada PTT ve PBT lifleri 80°C’de 15 dakika, 30 dakika ve 90 dakikada boyama işlemine tabi tutulmuştur. Bu kademedeki gerçekleştirilen boyamalar ultrasonik banyoda boyamaların 80°C’de gerçekleştirilmesi nedeniyle karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Sıcaklık 22°C’den 80°C’ye 1°C/dakika hızla yükseltilmiştir. Boyama pH’ı olarak 5 seçilmiştir. Tüm boyamalar 1:30 flote oranında ve Tablo 4.4’deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemine ait grafik Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3: 80°C’de 15 dakika, 30 dakika ve 90 dakika boyamalara ait boyama grafikleri

4.6.2 Mikrodalga Yöntemiyle Boyamada Uygulanan Prosedür

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında kullanılan yeni tekniklerden biri olan mikrodalga enerjisini kullanarak çeşitli boyamalar yapılmıştır. Bu yöntemle boyama işlemi Arçelik MD 565 model mikrodalga fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4)



Şekil 4.4: Arçelik MD 565 mikrodalga fırın

Şartların optimizasyonu için (*renk, elastikiyet ve mukavemet değerleri için*) boyamalar üç kademe halinde gerçekleştirilmiştir.

Birinci Kademe

Birinci kademe PTT ve PBT lifleri boyamak için gerekli optimum şartları belirlemek için lifler 720 Watt ve 900 Watt mikrodalga gücü kullanılarak 1, 3, 5 ve 6 dakikalık sürelerde mikrodalga ile boyama işlemine tabii tutulmuştur. Tüm boyamaların pH'ı 5'e ayarlanmıştır ve boyamalar 1:30 flotte oranında ve Tablo 4.4 'deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İkinci Kademe

İkinci kademe PTT ve PBT liflerini boyamak için gerekli optimum şartları elde edebilmek için lifler 720 Watt ve 900 Watt mikrodalga gücü kullanılarak 1, 3, 5, 6, 9 ve 11 dakikalık sürelerde mikrodalga boyama işlemine tabii tutulmuştur. Bu kademedeki boyamalar 1:30 flotte oranında gerçekleştirilmiş mikrodalga boyamalar sonucunda, konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi değerlerine ulaşamaması nedeniyle yapılmıştır. Tüm boyamaların pH'ı 5'e ayarlanmıştır ve boyamalar 1:50 flotte oranında ve Tablo 4.4'deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü Kademe

Üçüncü kademe PTT ve PBT liflerini boyamak için gerekli optimum şartları elde edebilmek için lifler 720 Watt ve 900 Watt mikrodalga gücü kullanılarak 1, 3, 5, 6, 9, 11, 13 ve 15 dakikalık sürelerde mikrodalga boyama işlemine tabii tutulmuştur. Bu kademedeki boyamalar 1:50 flotte oranında gerçekleştirilmiş mikrodalga boyamalar sonucunda, konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi değerlerine ulaşamaması nedeniyle yapılmıştır. Tüm boyamaların pH'ı 5'e ayarlanmıştır ve boyamalar 1:75 flotte oranında ve Tablo 4.4'deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.6.3 Ultrasonik Yöntemle Boyamada Uygulanan Prosedür

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında kullanılan yeni tekniklerden biri olan ultrason enerjisini kullanarak çeşitli boyamalar yapılmıştır. Boyamalar iki farklı makine ve yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

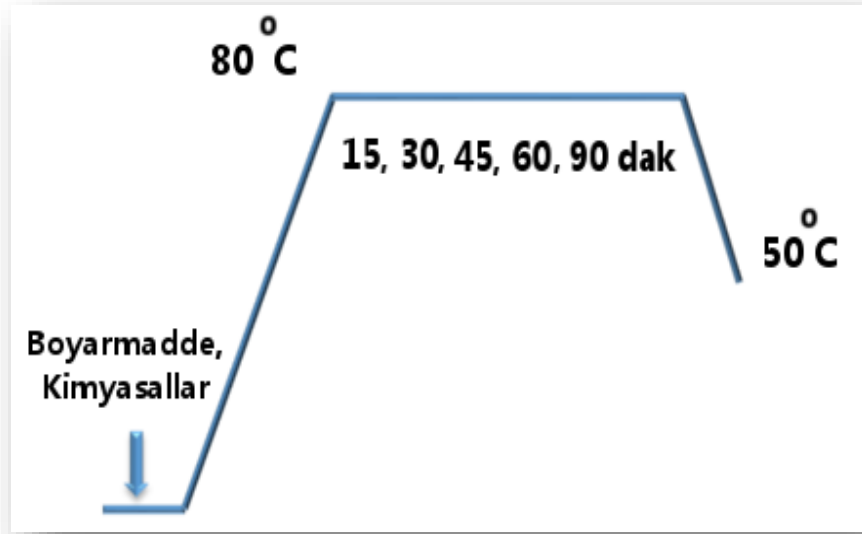
4.6.3.1 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Uygulanan Prosedür

Bu yöntemle boyama işleminde Ultrasonik Banyo (*WiseClean WUC-D10H* (40 kHz) 200 W HF-power) kullanılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Ultrasonik Banyo (*WiseClean WUC-D10H*)

PTT ve PBT liflerini boyamak için gerekli optimum şartları elde edebilmek için lifler, 80°C’de, 15, 30, 45, 60 ve 90 dakika sürelerde %100 ultrason gücü (*maksimum güç*) kullanılarak (40kHz) ultrason enerjisine tabii tutulmuştur. Liflere ultrason enerjisi tüm boyama adımlarında uygulanmıştır. Sıcaklık 22°C’den 80°C’ye 0,6°C/dakika hızla yükseltilmiştir. Tüm boyamaların pH’ı 5’e ayarlanmıştır ve boyamalar 1:30 flote oranında ve Tablo 4.4’deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemine ait grafik Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6: 80°C’deki 15, 30, 45, 60, 90 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri

4.6.3.2 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Uygulanan Prosedür

Bu yöntemle boyama işleminde Ultrasonik homojenizer (*Sonopuls SH213G, HD3200 (20 kHz)*) kullanılmıştır (Şekil 4.7).

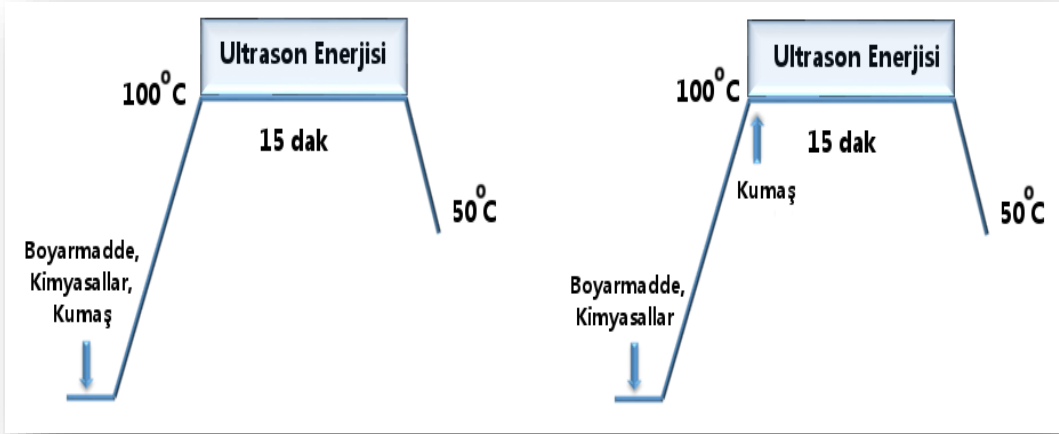


Şekil 4.7: Ultrasonik homojenizer (*Sonopuls SH213G, HD3200*)

Şartların optimizasyonu için (renk, elastikiyet ve mukavemet değerleri için) boyamalar iki kademe halinde gerçekleştirilmiştir.

Birinci Kademe

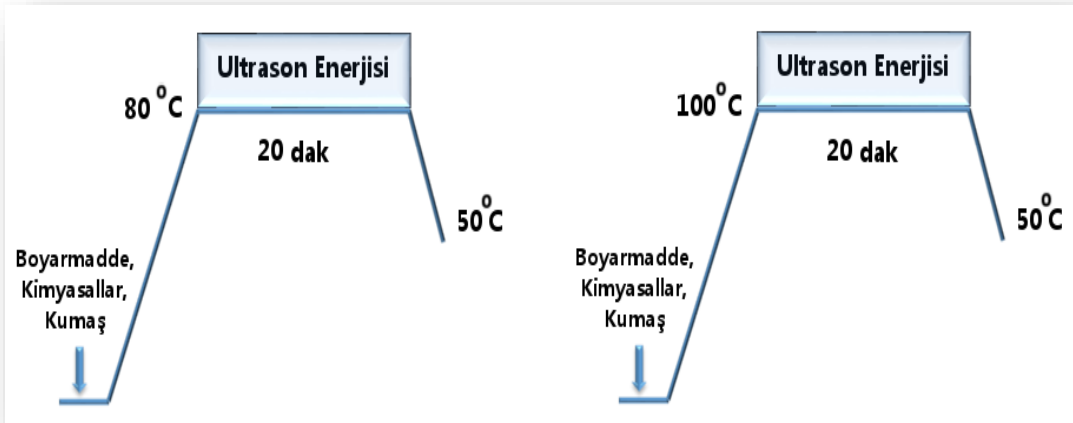
Birinci kademede PTT ve PBT liflerinin boyanmasında gerekli optimum şartları belirlemek için lifler 100°C’de, 15 dakika süreyle %100 ultrason gücü (*maksimum güç*) kullanılarak (20kHz) ultrason enerjisi eşliğinde işleme tabii tutulmuştur. Boyamalarda, kumaşlar flotteye boyamanın başından eklenerek (*boyamanın başından itibaren kumaş eklenmiştir*) ve eklenmeden (*sıcaklık 100°C’ye çıktıktan sonra kumaş eklenmiştir*) sıcaklık 22°C’den 100°C’ye çıkartılmıştır (Şekil 4.8). Her iki yöntemde de liflere ultrason enerjisi, sıcaklık 100°C’ye ulaştıktan sonra 15 dakika süreyle uygulanmıştır. Sıcaklık 22°C’den 100°C’ye yaklaşık 1°C/dakika hızla yükseltilmiştir. Tüm boyamaların pH’ı 5’e ayarlanmıştır ve boyamalar 1:30 flotte oranında ve Tablo 4.4 ‘deki boyama reçetesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemine ait grafik Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8: 100°C'deki 15 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri (kumaş boyamanın başında eklenmiş ve kumaş sıcaklık 100°C ulaştıktan sonra eklenmiş)

İkinci Kademe

İkinci kademede PTT ve PBT liflerini boyamada gerekli optimum şartları belirlemek için lifler 100°C'de, 20 dakika süreyle ve 80°C'de 20 dakika süreyle %100 ultrason gücü (*maksimum güç*) kullanılarak (20kHz) ultrason enerjisi eşliğinde işleme tabii tutulmuştur. Boyamalarda liflere ultrason enerjisi, sıcaklık 100°C'ye ve/veya 80°C'ye ulaştıktan sonra 20 dakika süreyle uygulanmıştır. Bu kademede gerçekleştirilen 80°C'deki boyamalar ultrasonik banyoda boyamaların 80°C'de gerçekleştirilmesi nedeniyle karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Sıcaklık 22°C'den 100°C'ye yaklaşık 1°C/dakika hızla yükseltilmiştir. Boyama işlemine ait grafik Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9: 100°C ve 80°C'deki 20 dakikalık boyamalara ait boyama grafikleri

4.7 Redüktif Yıkama İşlemi

Boyama sonrası kumaşlar, ılık suda 5 dakika ve soğuk suda 5 dakika çalkalanmıştır. Boyama sonrası PTT ve PBT liflerinin yüzeyinde kalan dispers boyarmaddeleri uzaklaştırmak ve neticede renk haslıklarını iyileştirmek için bazik redüktif işlem uygulanmıştır.

PTT lifinde uygulanacak redüktif ard işlem şartları: 3 g/l sodyum ditionit, 3 g/l sodyum hidroksit, 50°C, 15 dakika.

PBT lifinde uygulanacak redüktif ard işlem şartları: 3 g/l sodyum ditionit, 3g/l sodyum hidroksit, 40°C, 15 dakika.

Ard işlem sonrası kumaşlar, ılık suda 5 dakika ve soğuk suda 5 dakika çalkalanmıştır. Daha sonra kumaşlar serilerek standart laboratuvar şartları altında kurumaya bırakılmıştır.

4.8 Kumaşların Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış ve redüktif yıkama işlemi uygulanmış geçmiş olan PTT ve PBT kumaşların renk ölçümleri Datacolor 600 model spektrofotometre’de standard ışık D65, 10° standard gözlemci koşulları altında yapılmıştır (Şekil 4.10). Boyanan kumaşlar iki tekrarlı olarak kumaşların her iki yüzü de okutularak ölçülmüş ve elde edilen ortalama değerler hesaplanmıştır. %2’lik boya konsantrasyonunda boyanmış kumaşların boyama eğrileri, reflektans spektraları, renk kuvvetleri (K/S), L^* , a^* , b^* , C^* , h° değerleri tayin edilmiştir. Kumaşların renk verimi değerleri K/S Kubelka-Munk eşitliği ile hesaplanmaktadır. Eşitlik (1) aşağıda verilmiştir;

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



Şekil 4.10: Datacolor 600 spektrofotometre

4.9 Boya Banyosundan Boya Alım Değerlerinin Belirlenmesi

Kumaşların boyamalarda boya banyosundan aldıkları % boya alım değerleri Perkin Elmer UV spektrofotometre ile belirlenmiştir (Şekil 4.11). Boyama öncesi ve sonrasından alınan boya banyosu örnekleri aseton ile seyreltilmiştir. Boyama öncesi ve sonrası banyo flottelerinin maksimum absorpsiyonun olduğu dalga boyundaki (λ_{max}) absorbans değerleri ölçülmüş ve aşağıdaki formül kullanılarak her bir boyarmadde için liflerin boyarmadde alımları yüzde olarak hesaplanmıştır (2).

$$\% \text{Boya Alımı (BA)} = ((A_0 - A_1) / A_0) \times 100 \quad (2)$$

Burada, A_0 ve A_1 sırasıyla boyama işleminden önceki ve sonraki maksimum absorbansı göstermektedir. Bu testin sonucunda alınan değerler K/S değerlerini destekleyici ve doğrulayıcı niteliğe sahiptir.



Şekil 4.11: UV visible spektrofotometre

4.10 Yıkama Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşların yıkama haslığı değerlerinin belirlenmesinde ISO 105:C06 A2S standardına uygun olarak yıkama yapılmıştır. PTT ve PBT liflerinin dūřuk camlaşma T_g sıcaklıkları nedeniyle yıkama haslığı işlemi 40°C’de, sodyum perborat eklenerek gerçekleştirilmiştir. Őekil 4.12’de yıkama haslığı test makinesi görülmektedir.



Şekil 4.12: SDL Atlas M228 Rotawash

4.11 Ter Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşların asidik ve bazik ter haslığı değerlerinin bulunması için ISO 105: E04 standardı kullanılmıştır. Şekil 4.13'te ter haslığı test nitesi ve etüv görülmektedir.



Şekil 4.13: Ter haslığı kiti ve etüv

4.12 Su Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşların su haslığı değerleri ISO 105: E01 standardına uygun olarak ter haslığı ve deniz suyu haslığı testlerinin yapıldığı malzemeler ve makineler kullanılarak yapılmaktadır.

4.13 Deniz Suyu Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşların deniz suyu haslığı değerleri ISO 105: E02 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

4.14 Sürtme Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Kumaşların sürtme haslığı değerleri ISO 105: X12 standardına uygun olarak test edilmiştir. Şekil 4.14'de sürtme haslığı test makinesi görülmektedir.



Şekil 4.14: Sürtme haslığı makinesi

4.15 Işık Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Kumaşlara ışık haslığı testi ISO 105: B02 standardına uygun olarak yapılmıştır.

4.16 Süblimasyon Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Kumaşlara süblimasyon haslığı testi ışık haslığı testi EN ISO 105-X11 standardına uygun olarak yapılmıştır. Süblimasyon haslığında, numuneler kuru (numune ve refakat bezi kuru) halde 180°C sıcaklıkta 30 saniye bekletilerek test gerçekleştirilmiştir.

4.17 Kumaşların Çekme Güçlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşlarda çeşitli şartlardaki boyama işlemleri sırasında meydana gelen çekme miktarlarının hesaplanmasında kullanılan yöntemde, boyama işleminden önce tüm kumaşlar iki gün süreyle standart atmosferik şartlar altında serbest durumda bırakılmıştır. Daha sonra kumaşların üzerine 10 cm x 10 cm kareler kumaşın atkı ve çözgü yönünde işaretlenmiştir (Khoddami ve diğ. 2010). Boyama ve redüktif yıkama işleminden sonra kumaşlar iki gün standart atmosferik şartlar altında serbest halde bırakıldıktan sonra işaretlenen karelerin yeni boyutları ölçülmüştür. Daha sonra alan bazında çekme miktarı % olarak hesaplanmıştır (3).

$$\% \text{ ÇK (Çekme Miktarı)} = [(a_0 \times b_0) - (a_1 \times b_1)] / (a_0 \times b_0) \times 100 \quad (3)$$

Bu formülde,

a_0 ; boyama öncesi ortalama en

b_0 ; boyama öncesi ortalama boy

a_1 ; boyama öncesi ortalama en

b_1 ; boyama öncesi ortalama boy

PTT ve PBT liflerine ait literatür bilgisi incelendiğinde, liflerin sıklıkla birçok sentetik ve doğal lif ile karışım halinde kullanıldığı belirtilmiştir. Liflerin sıklıkla bu şekilde karışımlar halinde kullanılması nedeniyle tez çalışmasında kullanılan kumaşlara herhangi bir ön-fiksaj işlemi uygulanmamıştır. Bu nedenle kumaşlarda meydana gelebilecek çekmelerin tespit edilebilmesi için ölçümler yapılmıştır.

4.18 Kopma Mukavemeti Değerlerinin Belirlenmesi

Boyanmış kumaşlar elastik kumaşlar olduğu için bu kumaşlara uygun olan test standardı seçilmiştir ve 10cm x 15cm'lik kumaş formunda mukavemet testi uygulanmıştır. Kumaşlara kopma mukavemeti testi ASTM 5034 (Grab test) standartına uygun olarak yapılmıştır. Testin yapıldığı makine Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15: Titan 3 Universal Strength Tester

Kumaşların boyama işleminden sonra mukavemet değerlerinin bir miktar arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kumaşlarda boyamalardan sonra bir miktar çekme olduğu da gözlemlenmiştir. Kumaş mukavemetindeki bu beklenmedik artışın kumaş çekmelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farkını gösterebilmek için original mukavemet değerleri ve hesaplanan kumaş çekme değerlerinden çalışılan her kumaş için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır.

4.19 Elastikiyet Değerlerinin Belirlenmesi

Elastik poliesterler olarak da bilinen PTT ve PBT liflerine BS 4952 standardı kullanılarak elastikiyet testi yapılmıştır. Test, kopma uzaması testinin yapıldığı Titan 3 makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.15). Bu testi uygulayabilmek için kumaşlar 5 x 15cm'lik numuneler halinde kesilmiştir.

Kumaşların boyama işleminden sonra elastikiyet değerlerinin bir miktar arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kumaşlarda boyamalardan sonra bir miktar çekme olduğu da gözlemlenmiştir. Kumaş elastikiyetindeki bu beklenmedik artışın kumaş çekmelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını göstermek için original elastikiyet değerleri ve hesaplanan kumaş çekme değerlerinden çalışılan her kumaş için relatif (bağıl) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır.

5. BULGULAR

Tekstil ürünlerinin boyanmasında ideal şartlara, yüksek renk verimi derecelerinin, iyi renk haslığı değerlerinin elde edilmesi ve minimum mukavemet ve elastikiyet kaybının sağlanmasıyla ulaşılabilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar; bu niteliklerin sağlanmasını esas alarak değerlendirilmiş, renk ve renk haslığı değerleri incelenmiş, uygun renk verimi değerlerine ulaşan numunelerin mukavemet ve elastikiyet özellikleri test edilmiştir.

5.1 Konvansiyonel Yöntemle Elde Edilen Bulgular

5.1.1 Konvansiyonel Yöntemle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında atmosferik ve HT şartlarında boyama yöntemleri en yaygın kullanılan boyama yöntemleri arasındadır. Konvansiyonel tekniklerle gerçekleştirilmiş boyamalarda yüksek % boya alımı ve renk verimi değerlerine ulaşılmıştır.

5.1.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri

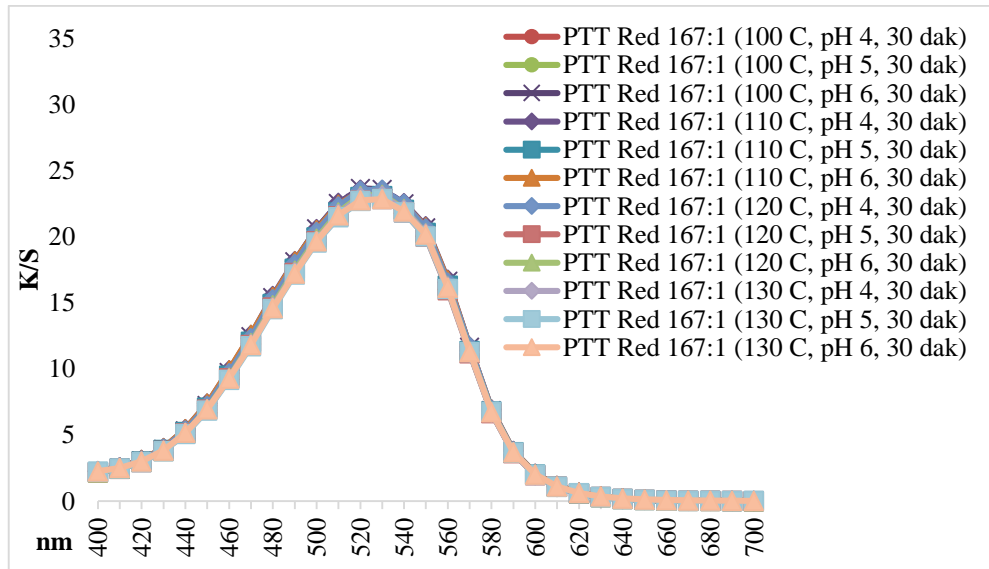
PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir

Tablo 5.1: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

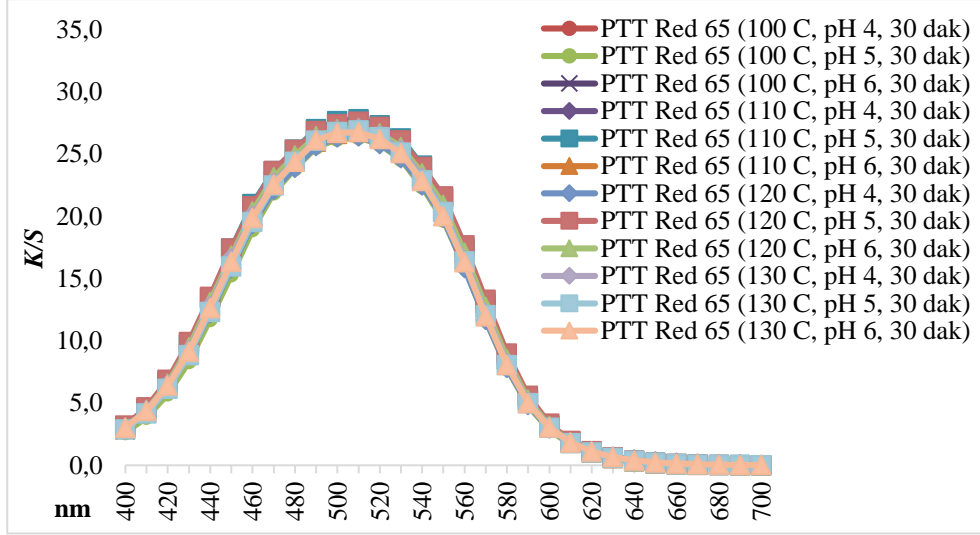
Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri						
Boyama Şartları			Renk Verimi (K/S) ve Boya Alımı (%BA) Değerleri			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)*		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)*	
			K/S	% BA**	K/S	% BA**
80	30	5	3.4	15.3	4.6	56.2
100	30	4	23.3	97.00	27.6	99.38
		5	23.0	97.15	26.3	99.05
		6	23.7	97.10	27.1	99.08
110	30	4	23.5	97.73	27.5	99.06
		5	23.1	97.54	27.8	99.14
		6	23.5	97.56	26.8	98.89
120	30	4	23.6	97.56	26.4	99.39
		5	22.9	97.10	27.6	99.43
		6	23.2	97.78	27.1	99.34
130	30	4	23.1	97.75	27.1	99.45
		5	22.8	97.86	26.9	99.47
		6	22.9	97.68	26.8	99.48

* Büyük ve küçük molekülü dispers boyarmaddeler; ** % BA: % Boya Alımı

Tablo 5.1'den görüldüğü gibi C.I. Disperse Red 167:1 ile 80°C'nin üzerinde boyanmış PTT liflerinin renk verimi (K/S) değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve 22.8-23.7 arasında değiştiği ayrıca boya alımı (%BA) değerlerinin de birbirine çok benzer çıktığı ve %97.00-97.86 civarında olduğu görülmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile 80°C'nin üzerinde boyanmış liflerin ise renk verimi değerleri 26.3 ile 27.8 arasında değişmektedir ve boya alımı değerleri %98.89-99.48 aralığındadır. Her iki boyarmadde ile 80°C'de gerçekleştirilmiş boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin, 80°C'nin üzerinde gerçekleştirilmiş boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerinden oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. 80°C'nin üzerindeki tüm boyama şartları için iki boyarmaddenin de boya alım değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Beklenildiği gibi boya alımı değerleri K/S değerlerine paralel, sonuçları destekleyen değerler göstermektedir. C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi daha küçük moleküler yapıya sahip olduğu için boya alımı miktarı C.I. Disperse Red 167:1'e göre biraz daha fazladır. PTT liflerinin 80°C'nin üzerinde gerçekleştirilmiş bütün boyamalarına ait K/S -Dalga Boyu (nm) eğrileri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.2: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

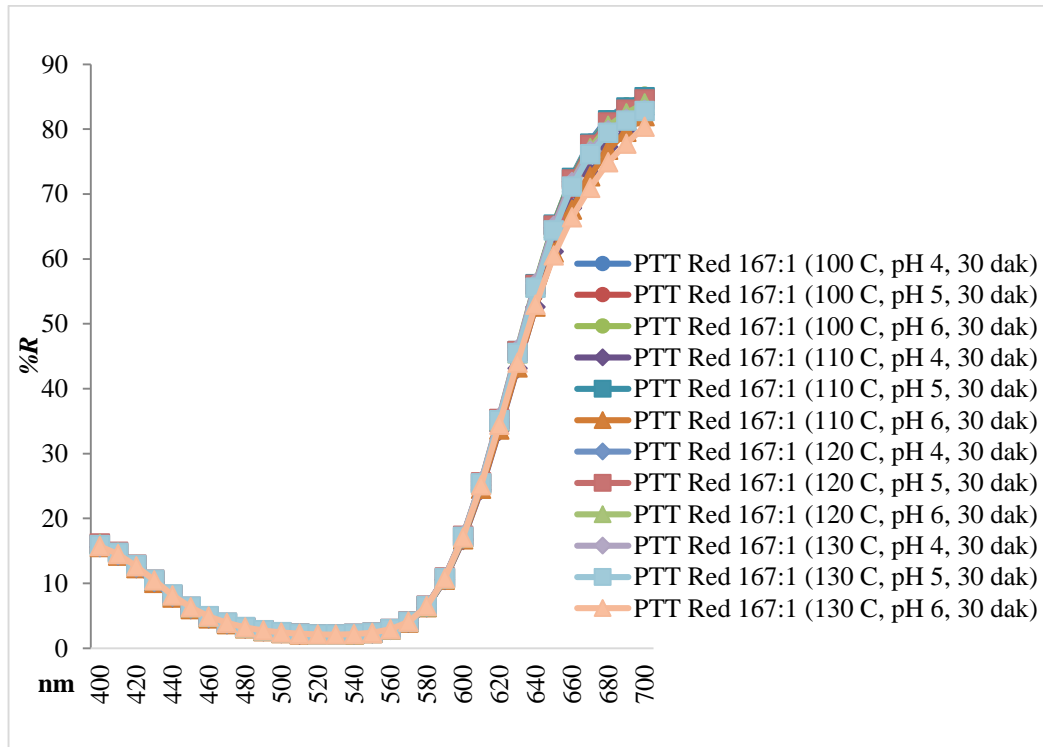
Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'den görüldüğü gibi her iki boyarmadde ile PTT liflerinin 80°C'nin üzerinde boyanmasından elde edilen $K/S-nm$ grafiklerindeki eğriler birbirine çok yakındır. Sonuç olarak, renk kuvvetinde ve boya alımı sonuçlarında da gözlemlendiği gibi 80°C'nin üzerinde çalışılan değişik boyama şartlarından elde edilen boya alımı ve renk kuvveti değerleri arasında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Belirgin bir farklılık olmadığı için çalışılan her boyama şartı bir diğ erinin yerine kullanılabilir. Yani liflerin 130°C'da boyanması işleminin 100°C'de veya çalışılan başka herhangi bir sıcaklıkta boyanması üzerine bir avantajı veya dezavantajı gözlemlenmemiştir. Boyama ekonomisi düşünüldüğünde, daha düşük sıcaklıklarda yapılan boyamaların boyahanelere daha düşük maliyet getireceği aşikârdır. Bu sebeple, renk açısından 100°C'de yapılan boyama tercih edilebilir.

C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile 80°C'nin üzerinde boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

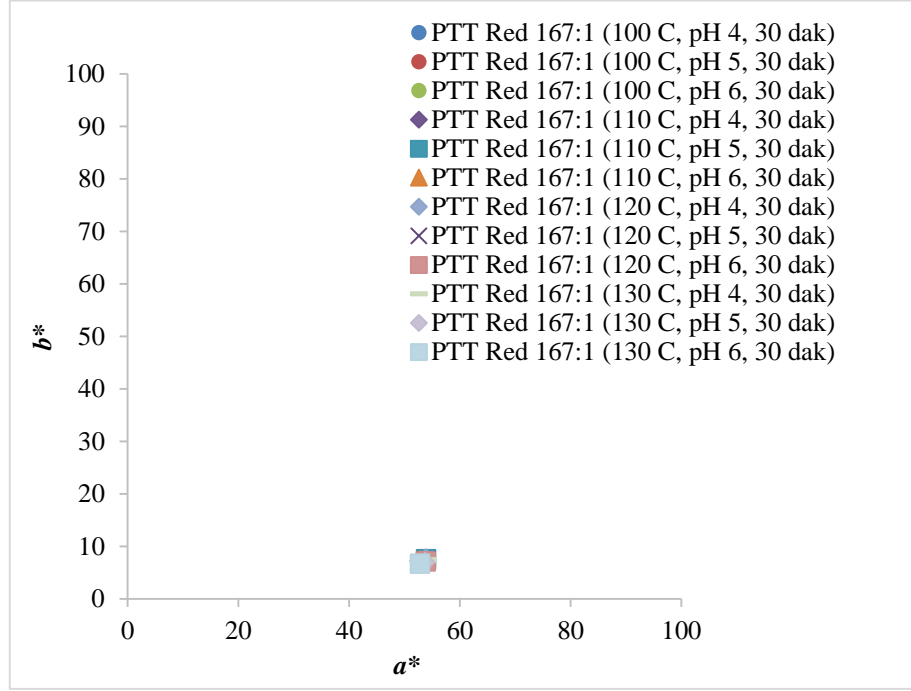
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			<i>K/S</i>	% <i>BA</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
100	30	4	23.3	97.00	35.46	54.02	7.96	54.6	8.39
		5	23.0	97.15	35.3	53.34	7.54	53.87	8.05
		6	23.7	97.10	35.49	54.27	8.01	54.86	8.4
110	30	4	23.5	97.73	34.8	52.79	7.26	53.29	7.83
		5	23.1	97.54	35.5	53.95	7.58	54.48	7.99
		6	23.5	97.56	34.85	52.8	7.35	53.31	7.92
120	30	4	23.6	97.56	35.29	53.84	7.72	54.39	8.16
		5	22.9	97.10	35.63	53.92	7.32	54.41	7.73
		6	23.2	97.78	35.45	53.85	7.16	54.33	7.58
130	30	4	23.1	97.75	35.63	54.03	7.44	54.54	7.84
		5	22.8	97.86	35.52	53.74	7	54.2	7.42
		6	22.9	97.68	35.16	52.83	6.7	53.25	7.23

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen kolorimetrik renk özellikleri ile oluşturulmuş grafikler Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.



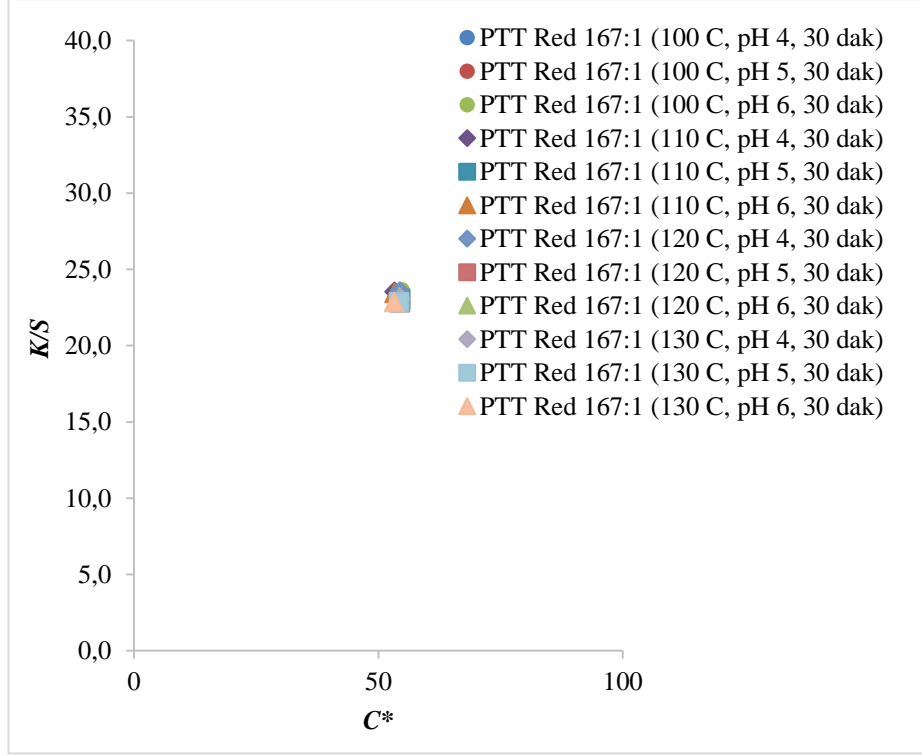
Şekil 5.3: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

PTT liflerinin boyanmasından elde edilen remisyon (%R) – dalga boyu (nm) grafiklerinde görülen reflektans eğrileri birbirine çok yakın olup örtüşmektedir. Bu durum yukarıda değinildiği gibi boyama şartları arasında belirgin bir fark olmadığını göstermektedir. Reflektans eğrilerine bakıldığında boyanmış PTT liflerinin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

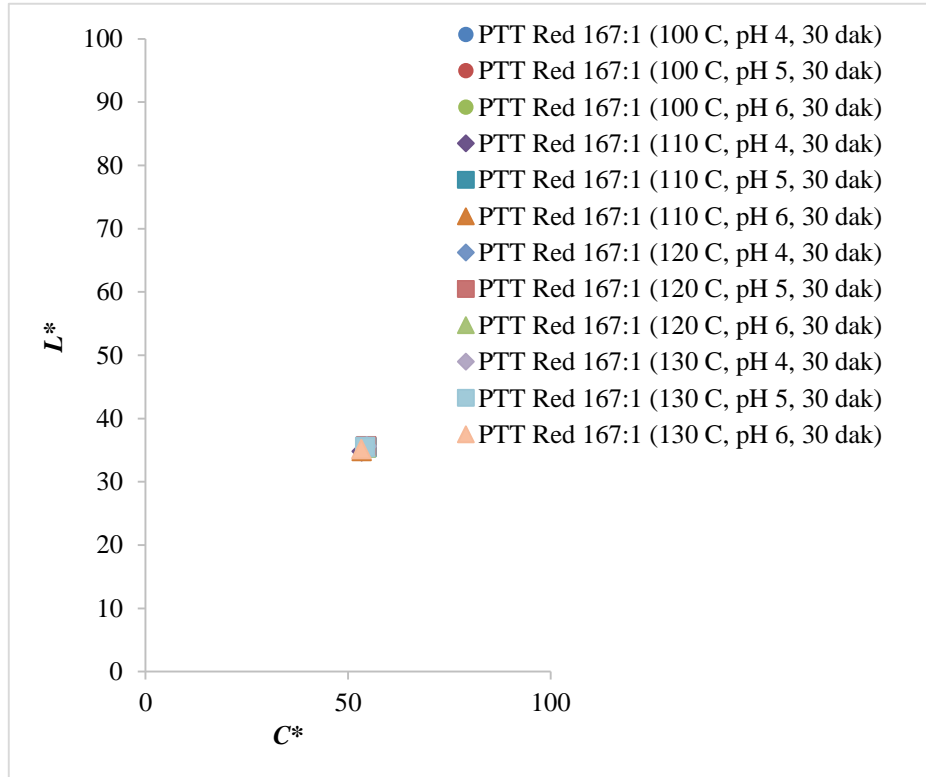


Şekil 5.4: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin ölçülen a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması, liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu durum yukarıda bahsedilen liflerin remisyon eğrileri ile de örtüşmektedir. Ayrıca bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir. Bu durum boyanmış tüm liflerin kırmızının aynı tonunda olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.5: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.6: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

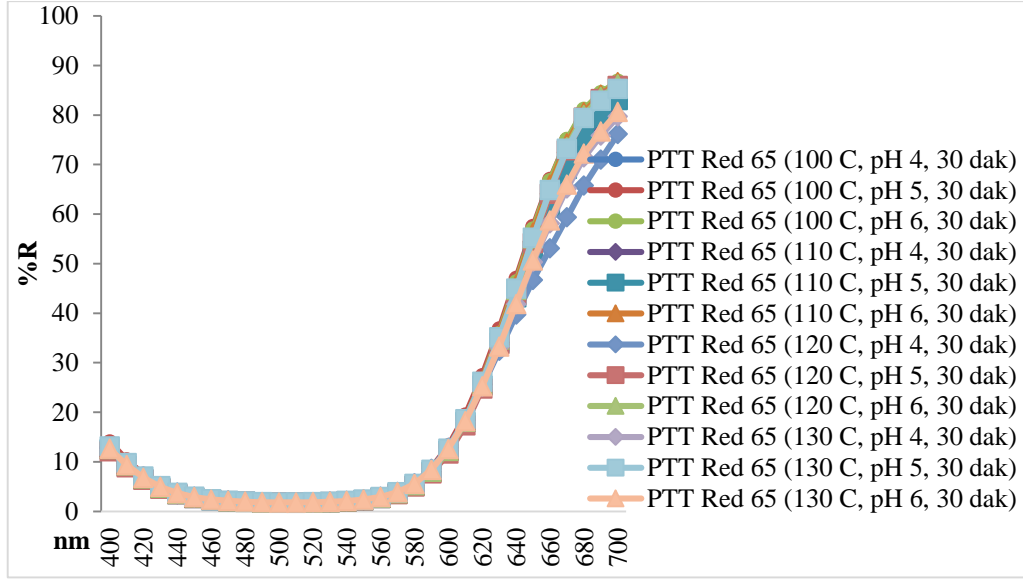
C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin boyanmasında, tüm şekillerden (Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6) görüldüğü gibi CIE-LAB kolorimetrik değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır ve bu değerler arasında belirgin bir farklılık ya da belirgin bir trend gözlemlenmemiştir. Biraz önce renk kuvveti karşılaştırılmasında belirtildiği gibi, kolorimetrik özellikler açısından da değerlendirildiğinde belirgin bir farklılık olmadığı için çalışılan her boyama şartı birbirinin yerine kullanılabilir. Fakat daha önce de belirtildiği gibi boyama ekonomisi açısından 100°C’de yapılan boyama tercih edilmelidir.

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile 80°C’nin üzerinde boyanmış PTT lifine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için)

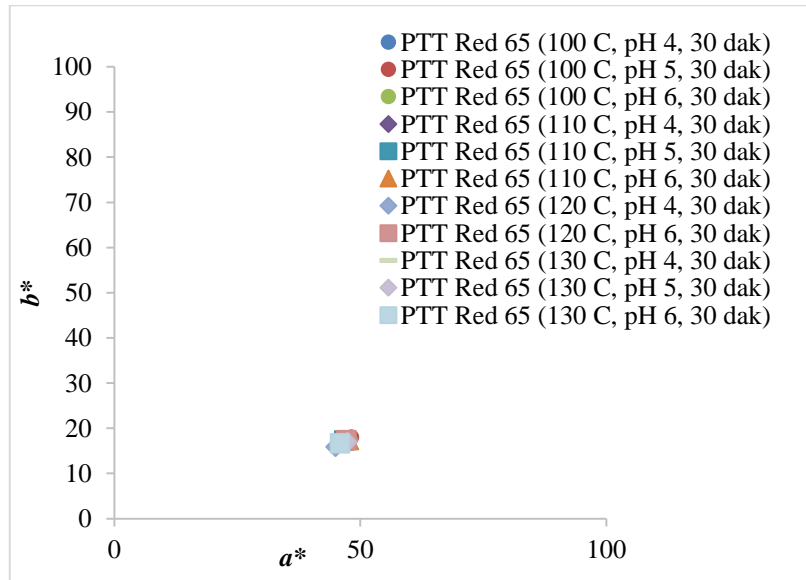
Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
			K/S	%BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
100	30	4	27.6	99.38	31.88	48.13	18	51.39	20.5
		5	26.3	99.05	32.41	48.24	17	51.15	19.4
		6	27.1	99.08	31.81	47.95	17.4	51.01	19.9
110	30	4	27.5	99.06	31.25	46.73	17.3	49.83	20.3
		5	27.8	99.14	31.12	46.73	17.3	49.84	20.4
		6	26.8	98.89	31.69	47.68	17.4	50.76	20.1
120	30	4	26.4	99.39	31.23	44.95	15.9	47.67	19.5
		5	27.6	99.43	30.95	46.76	17.2	49.83	20.2
		6	27.1	99.34	31.43	47.2	17.4	50.31	20.2
130	30	4	27.1	99.45	31.23	45.88	16.7	48.81	20
		5	26.9	99.47	31.81	47.39	17	50.34	19.7
		6	26.8	99.48	31.34	45.87	16.7	48.81	20

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasından elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmiştir.



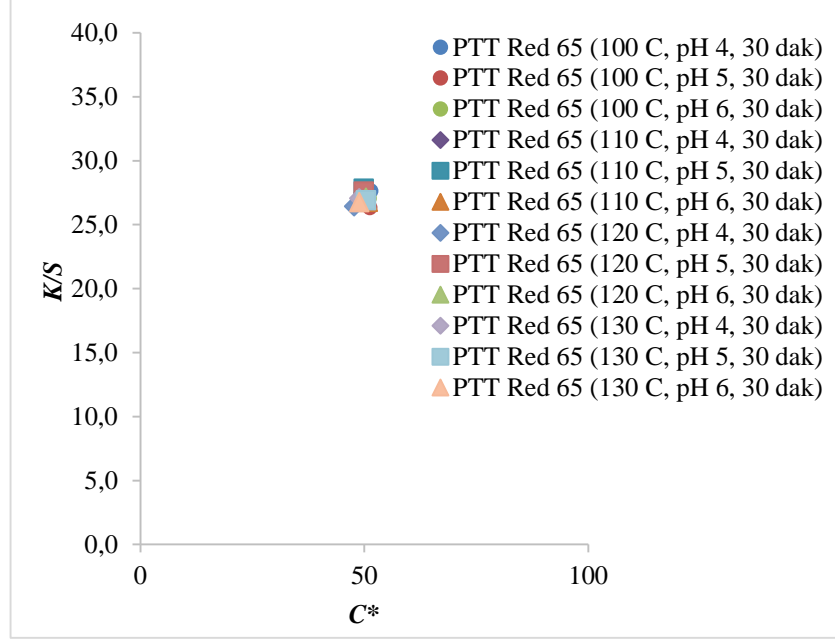
Şekil 5.7: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $\%R$ - nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 ile boyanmasından elde edilen Remisyon ($\%R$)- Dalga boyu (nm) grafiklerinde görülen reflektans eğrileri birbirleriyle örtüşen çok yakın değerler sergilemektedir. Bu durum boyama şartları arasında belirgin bir fark olmadığını gösteren yukarıdaki renk verimi, boya alımı verileri ve K/S - nm grafikleri ile de benzer sonuçlar sağlamaktadır. Reflektans eğrileri boyanmış kumaşların kırmızı renk tonlarına sahip olduğu göstermektedir.

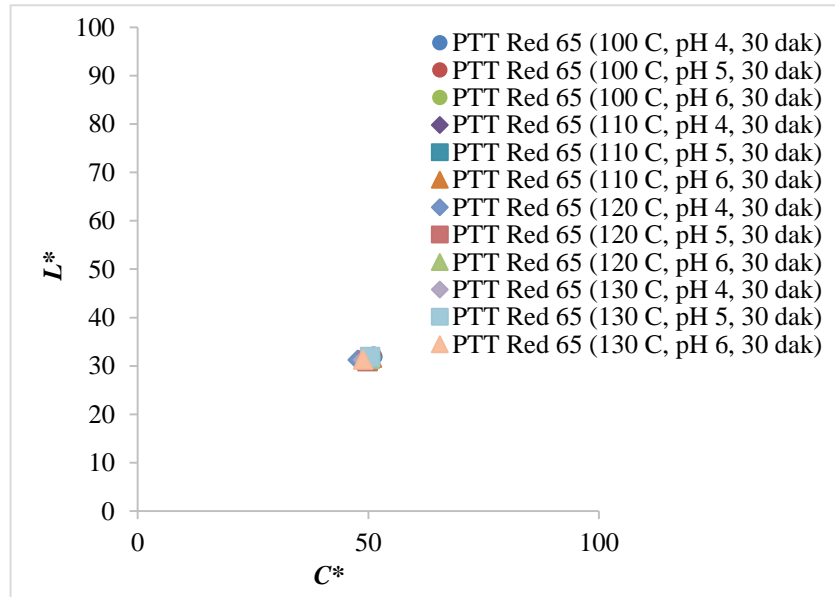


Şekil 5.8: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Boyanmış PTT liflerine ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h^o değerinin de 90^o 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu gösterir. Bu durum liflerin remisyon eğrilerinden çıkan sonuçlarla da benzerdir. Ayrıca bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemiştir.



Şekil 5.9: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.10: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Tüm şekillerden (Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10) görüldüğü gibi CIE-LAB kolorimetrik değerleri birbirine çok yakındır. Ayrıca, bu değerler arasında belirgin bir farklılık ve belirgin bir trend bulunmamaktadır. Daha önce renk kuvvetlerinin karşılaştırılmasında görüldüğü gibi, lifler kolorimetrik özellikler açısından da değerlendirildiğinde belirgin bir farklılık olmadığı için çalışılan her boyama şartı bir birinin yerine kullanılabilir. Fakat daha önce de belirtildiği gibi boyama ekonomisi düşünüldüğünde, PTT lifleri için 100°C’de yapılan boyama tercih edilebilir. PTT liflerine her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk değerleri açısından belirgin bir farklılık veya bir trend sergilemediği belirtilmişti. Bu durum üç farklı pH değeri ile de boyanmış liflerde, bütün pH değerlerinin renk özelliklerini etkilemeyecek biçimde birbirinin yerine kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

5.1.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri

PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.4’de verilmiştir.

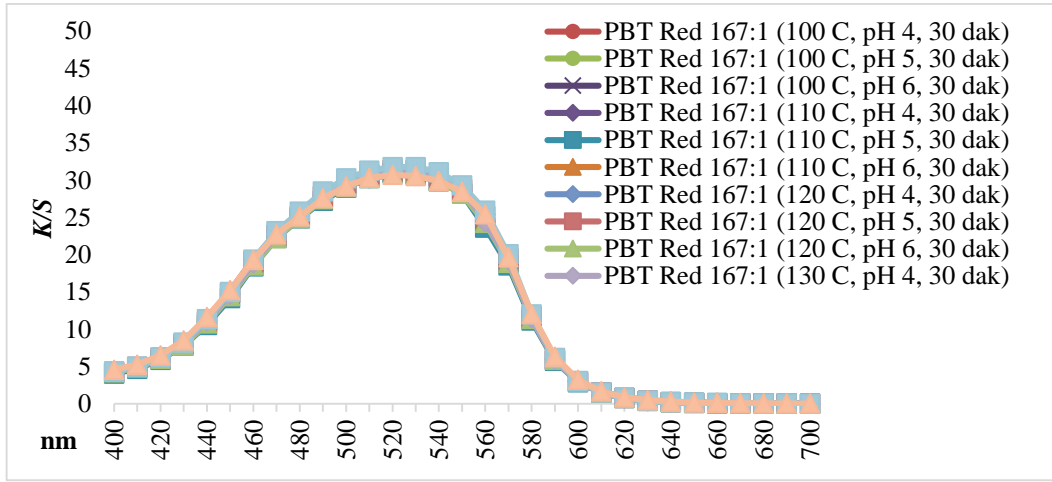
Tablo 5.4: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Konvansiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri						
Boyama Şartları			Renk Verimi (K/S) ve Boya Alımı (%BA) Değerleri			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)*		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)*	
			K/S	% BA**	K/S	% BA**
80	30	5	10.9	29.0	12.4	65.63
100	30	4	31.2	97.16	32.2	99.07
		5	31.2	97.06	32.4	99.41
		6	31.1	97.00	32.1	99.10
110	30	4	31.2	97.42	31.8	99.11
		5	31.0	97.21	31.4	99.14
		6	31.0	97.35	32.3	99.06
120	30	4	30.8	97.41	31.4	99.19
		5	31.4	97.47	31.8	99.46
		6	30.9	97.59	32.5	99.57
130	30	4	31.3	97.40	32.3	99.04
		5	31.8	97.45	31.7	99.27
		6	30.7	97.32	31.9	99.07

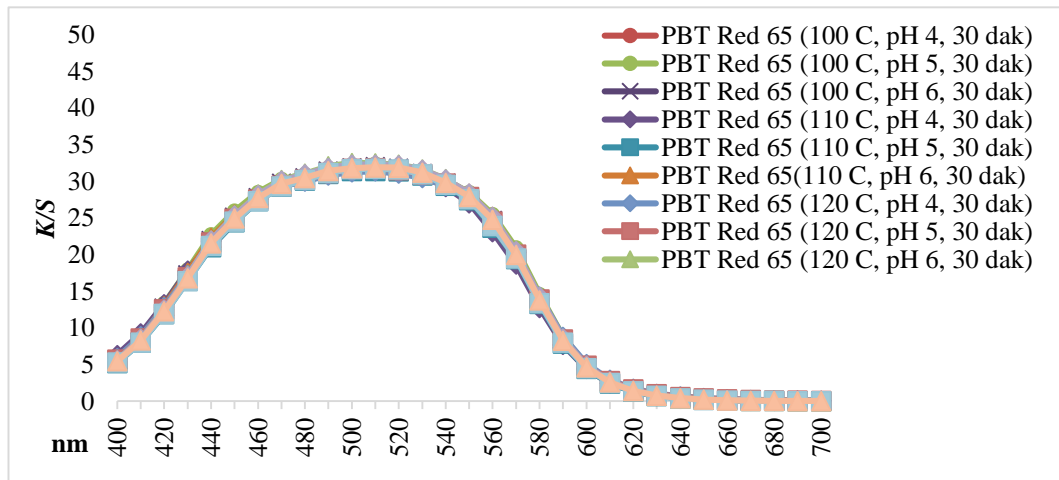
* Büyük ve küçük molekülü dispers boyarmaddeler; **% BA: % Boya Alımı

Tablo 5.4’den görüldüğü gibi C.I. Disperse Red 167:1 ile 80°C’nin üzerinde boyanmış PBT kumaşların renk verimi değerleri 30.7-31.8 arasında değişmektedir, boya alımı değerleri de %97.00-97.59 aralığındadır. C.I. Disperse Red 65 ile 80°C’nin üzerinde boyanmış kumaşların ise K/S değerleri 31.7 ile 32.5 aralığında, boya alımı değeri ise %99.04-99.57 aralığında değişmektedir. 80°C’de

gerçekleştirilmiş boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin, 80°C'nin üzerinde gerçekleştirilmiş boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerinden oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. 80°C'nin üzerindeki tüm boyama şartlarında da boya alım değerlerinin oldukça yüksek olduğu Tablo 5.4'de görülmektedir. Beklenildiği gibi boya alımı değerleri ve *K/S* değerleri birbirine paralel değerler göstermektedir. C.I. Disperse Red 167:1'in moleküler yapısı daha büyük olduğu için boya alımı miktarı C.I. Disperse Red 65'e göre biraz daha düşüktür. Sonuç olarak, renk kuvvetinde ve boya alımı sonuçlarında da görüldüğü gibi 80°C'nin üzerinde çalışılan değişik boyama şartlarından elde edilen boya alımı ve renk kuvveti arasında belirgin bir farklılık çıkmamıştır. PBT liflerinin bütün boyamalarına ait *K/S-nm* eğrileri Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.11: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait *K/S-nm* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.12: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait *K/S -nm* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

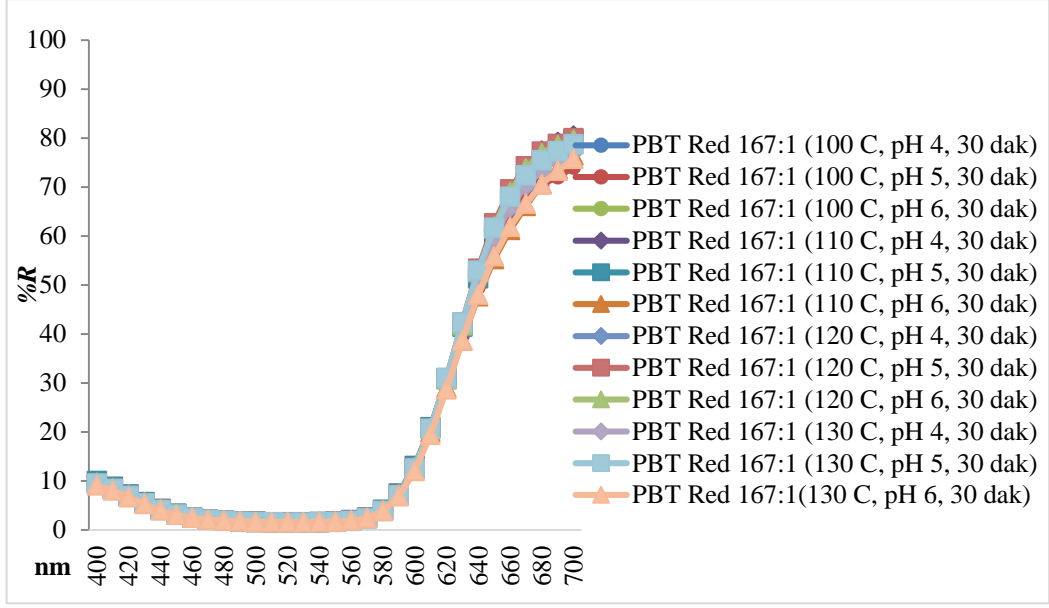
Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’den görüldüğü gibi her iki boyarmadde içinde PBT liflerinin 80°C’nin üzerinde boyanmasından elde edilen *K/S-nm* grafiklerinde eğriler birbirine çok yakın olup renk kuvveti ve boya alımı sonuçlarında da görüldüğü gibi 80°C’nin üzerinde çalışılan değişik boyama şartlarına ait sonuçlar arasında belirgin bir fark çıkmamıştır. Belirgin bir farklılık olmaması çalışılan her boyama şartının bir diğerinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Yani liflerin 130°C’da boyanması işleminin 100°C’de veya başka herhangi bir sıcaklıkta boyanması üzerine herhangi bir üstünlüğü gözlemlenmemiştir. Maliyet açısından 100°C’de gerçekleştirilen boyama daha çok tercih edilebilir.

C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile 80°C’nin üzerinde boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti (*K/S*) ve kolorimetrik renk özellik (*L**, *a**, *b**, *C**, *h°*) değerleri Tablo 5.5’de verilmiştir.

Tablo 5.5: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

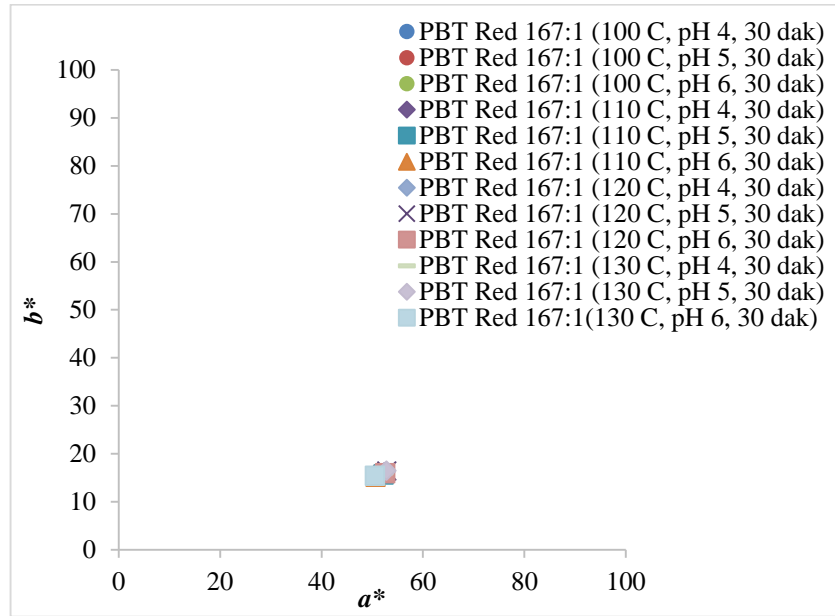
Konvansiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			<i>K/S</i>	% BA	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
100	30	4	31.2	97.16	31.54	51.95	16.4	54.48	17.5
		5	31.2	97.06	31.23	51.18	15.8	53.55	17.1
		6	31.1	97.00	31.61	51.99	16.2	54.45	17.3
110	30	4	31.2	97.42	31.62	52.42	16.1	54.84	17.1
		5	31.0	97.21	31.82	52.2	15.7	54.5	16.7
		6	31.0	97.35	31.02	50.66	15.2	52.89	16.7
120	30	4	30.8	97.41	31.81	52.5	16.1	54.93	17.1
		5	31.4	97.47	31.81	52.82	16.4	55.3	17.3
		6	30.9	97.59	31.84	52.51	16	54.89	16.9
130	30	4	31.3	97.40	31.64	52.16	16.1	54.59	17.2
		5	31.8	97.45	31.64	52.75	16.5	55.26	17.3
		6	30.7	97.32	30.83	50.52	15.4	52.82	17

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasından elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da verilmiştir.



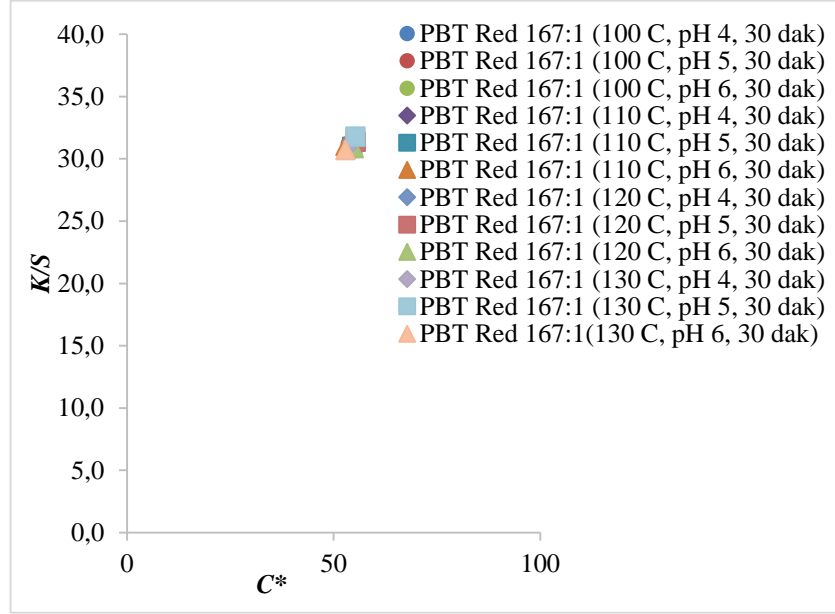
Şekil 5.13: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

PBT liflerinin boyanmasından elde edilen remisyon (%R)- dalga boyu (nm) grafiklerinde görülen reflektans eğrileri birbiriyle örtüşmektedir. Bu durum Tablo 5.5'den de görüldüğü gibi boyama şartları arasında belirgin bir fark olmadığını göstermektedir. Reflektans eğrilerine bakıldığında bütün şartlarda boyanmış liflerin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmektedir.

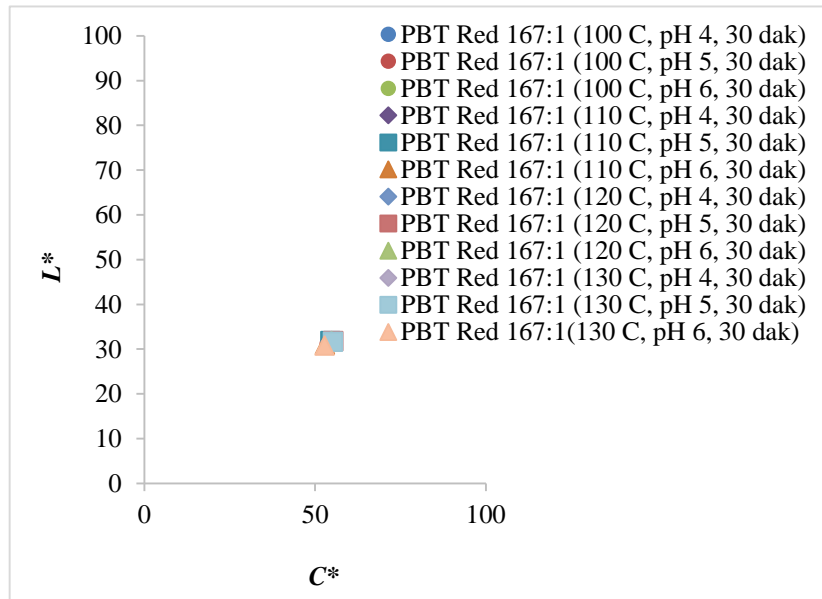


Şekil 5.14: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h^o değerinin de 90^o 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu sonuç liflerin reflektans eğrilerinden elde edilen sonuç ile de benzerdir. Ayrıca bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine çok yakındır.



Şekil 5.15: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.16: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

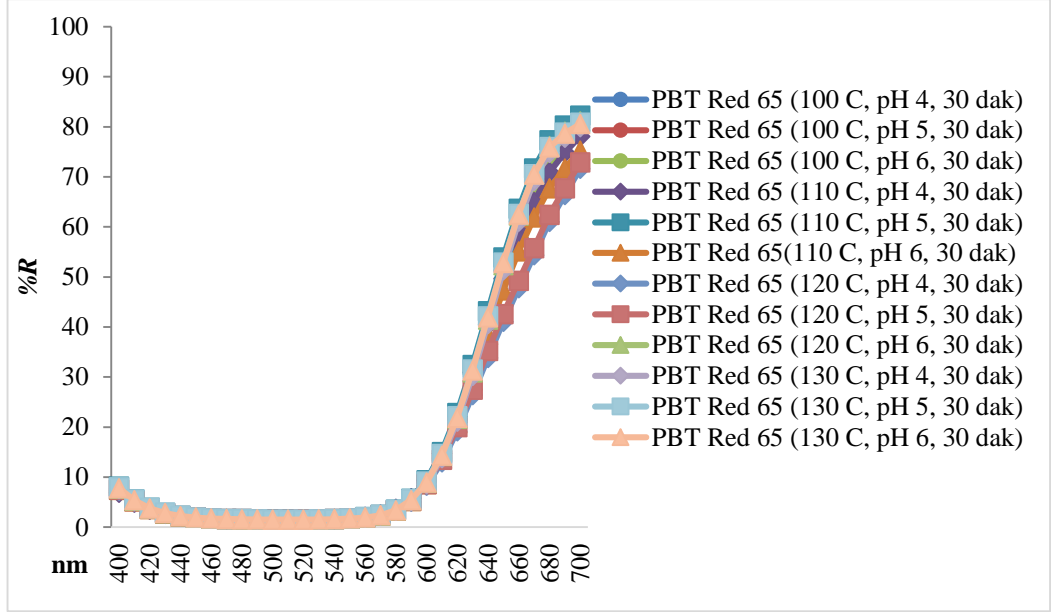
Tüm şekiller (Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16) incelendiğinde, C.I. Disperse Red 167:1 ile PBT liflerinin boyanmasında, CIE-LAB kolorimetrik değerleri birbirine çok yakın değerler sergilemiş ve bu değerler arasında belirgin bir farklılık veya trend gözlemlenmemiştir. Tüm boyamaların renk kuvvetlerinin karşılaştırılmasında olduğu gibi, kolorimetrik özellikler açısından da belirgin bir farklılık olmaması çalışılan her boyama şartının birbirinin yerine kullanılabilceğini göstermektedir. Fakat boyama ekonomisi düşünüldüğünde, daha düşük sıcaklıklarda yapılan boyamaların boyahanelere daha düşük maliyet getirmesi sebebiyle, 100°C’de yapılan boyama tercih edilebilir.

C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile 80°C’nin üzerinde boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için)

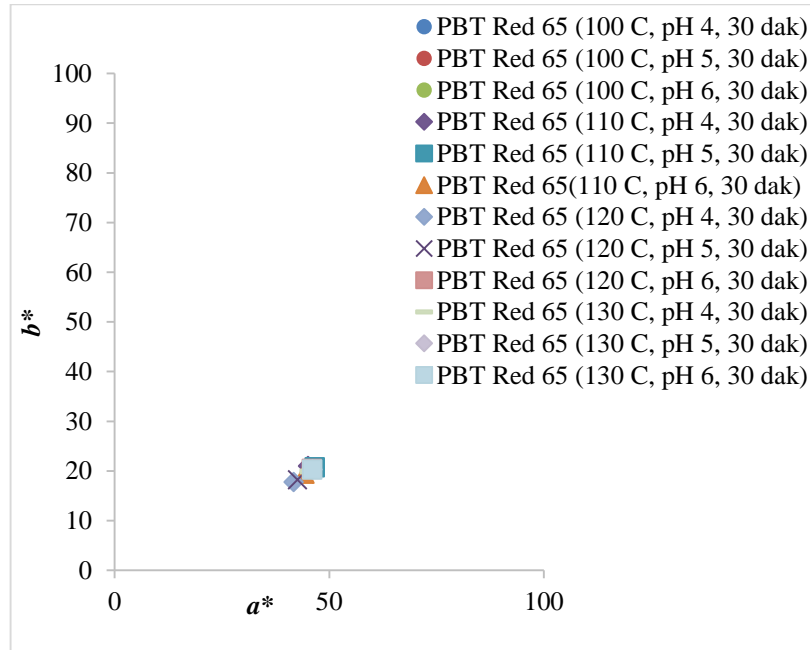
Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			K/S	% BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
100	30	4	32.2	99.07	31.54	51.95	16.4	54.48	17.5
		5	32.4	99.41	31.23	51.18	15.8	53.55	17.1
		6	32.1	99.10	31.61	51.99	16.2	54.45	17.3
110	30	4	31.8	99.11	31.62	52.42	16.1	54.84	17.1
		5	31.4	99.14	31.82	52.2	15.7	54.5	16.7
		6	32.3	99.06	31.02	50.66	15.2	52.89	16.7
120	30	4	31.4	99.19	31.81	52.5	16.1	54.93	17.1
		5	31.8	99.46	31.81	52.82	16.4	55.3	17.3
		6	32.5	99.57	31.84	52.51	16	54.89	16.9
130	30	4	32.3	99.04	31.64	52.16	16.1	54.59	17.2
		5	31.7	99.27	31.64	52.75	16.5	55.26	17.3
		6	31.9	99.07	30.83	50.52	15.4	52.82	17

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.17, Şekil 5.18, Şekil 5.19 ve Şekil 5.20’de verilmiştir.



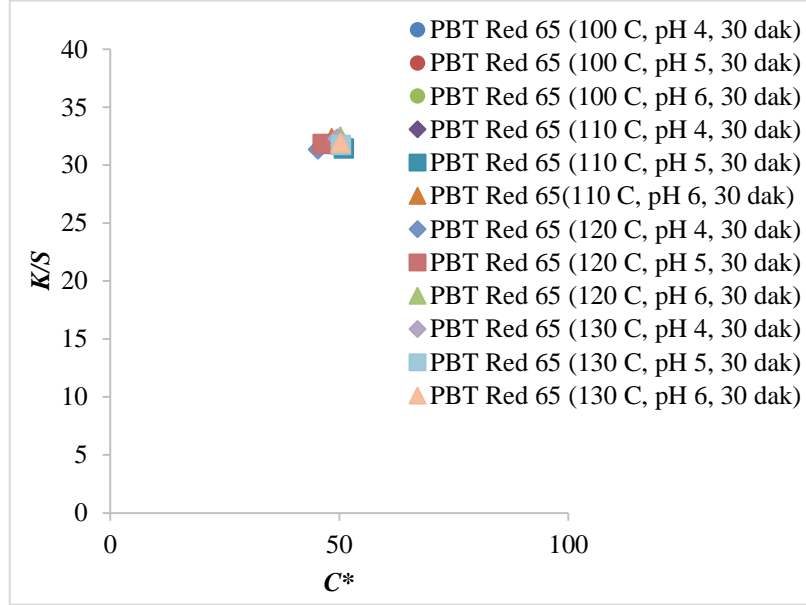
Şekil 5.17: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile PBT liflerinin boyanmasından elde edilen %R-nm grafiklerinden elde edilen reflektans eğrileri birbirine çok yakın değerler sergileyerek birbiriyle örtüşmektedir. Bu durum boyama şartları arasında belirgin bir fark olmadığını göstermektedir. Reflektans eğrilerine bakıldığında boyanmış kumaşların kırmızı renk tonlarına sahip olduğu söylenebilir.

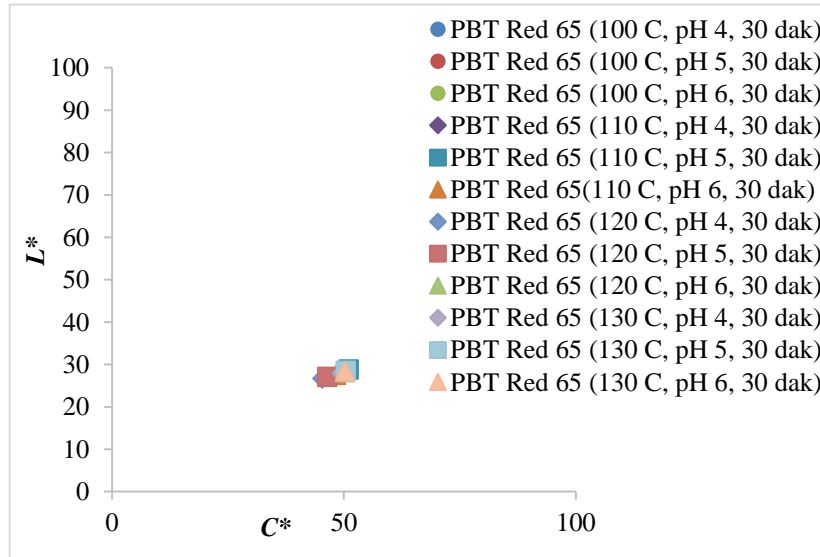


Şekil 5.18: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait a* -b* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PBT liflerinin ölçülmüş olan a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması boyanmış liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu durum liflerin reflektans eğrilerinden de elde edilen sonuç ile örtüşmektedir. Bütün boyamaların sergilediği a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine çok yakındır.



Şekil 5.19: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $K/S - C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.20: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait $L^* - C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 ile boyanmasından elde edilmiş tüm şekillerden (Şekil 5.17, Şekil 5.18, Şekil 5.19 ve Şekil 5.20) görüldüğü gibi liflerin kolorimetrik değerlerinin sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu değerler arasında belirgin bir farklılık yoktur. Daha önce incelenmiş renk kuvveti ve boya alımı sonuçlarına benzer olarak lifler kolorimetrik özellikler açısından da değerlendirildiğinde belirgin bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durumda çalışılan boyama şartlarının herhangi birinin bir diğerine üstünlüğü gözlemlenmemiştir. Bu nedenle daha düşük sıcaklıklarda yapılan boyamaların boyahanelere daha düşük maliyet getireceği düşünülürse liflerin 100°C’de boyanması daha uygun olacaktır. PBT liflerinin bütün şartlarda boyanmaları sonucunda renk değerleri açısından belirgin bir farklılık veya bir trend sergilemediği belirtilmişti. Bu durum üç farklı pH değeri ile de boyanmış lifler için bütün pH değerlerinin renk özelliklerini etkilemediğini ve her bir pH değerinin bir diğerinin yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

5.1.2 Konvansiyonel Yöntemle Boyamadan Elde Edilen Haslık Değerleri

Konvansiyonel yöntemle elde edilen 80°C’nin üzerindeki boyamalara ait renk özelliklerinin birbirine çok yakın olduğu ve bu nedenle tüm şartların bir diğeri yerine kullanılabileceği bir önceki bölümde anlatılmıştı. Bu durumda maliyetler nedeniyle 80°C’nin üzerindeki boyama şartları içinden en düşük sıcaklığa sahip olan boyama şartının seçilmesi önerilmişti. Fakat optimum boyama şartlarını belirleyebilmek ve daha etkin bir değerlendirme yapabilmek için sadece renk değerlerinin değil aynı zamanda haslık değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Tüm PTT ve PBT liflerine uygulanan yıkama, ter haslığı (asidik ve bazik), su haslığı ve deniz suyu haslığı değerleri 5 (çok iyi) çıkmıştır. Bu yüzden bu haslık değerleri tablo içinde gösterilmemiştir fakat liflere ait diğer haslık değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. PTT ve PBT liflerine ait sürtme haslığı değerleri Tablo 5.7 ve Tablo 5.8’de verilmiştir

Tablo 5.7: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri (ISO 105: X12)			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
100	30	4	5	5	5	5
		5	5	5	5	5
		6	5	5	5	5
110	30	4	5	5	5	5
		5	5	5	5	5
		6	5	5	5	5
120	30	4	5	5	5	5
		5	5	5	5	5
		6	5	5	5	5
130	30	4	5	5	5	5
		5	5	5	5	5
		6	5	5	5	5

Tablo 5.7' den görüldüğü gibi, PTT kumaşların sürtme haslığı değerleri bütün boyama şartlarında boyanmış lifler için 5 değerini vermiştir.

Tablo 5.8: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri* (ISO 105: X12)			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
100	30	4	5	4/5	5	4/5
		5	5	4/5	5	4/5
		6	5	4/5	5	4/5
110	30	4	5	4/5	5	4/5
		5	5	4/5	5	4/5
		6	5	4/5	5	4/5
120	30	4	5	4/5	5	4/5
		5	5	4/5	5	4/5
		6	5	4/5	5	4/5
130	30	4	5	4/5	5	4/5
		5	5	4/5	5	4/5
		6	5	4/5	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).

PBT kumaşların ise kuru sürtme haslıkları 4/5 - 4/5 aralığında değerler sergilemiştir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerleri C.I. Disperse Red 167:1'le boyanmış liflerin değerlerine göre biraz daha düşük çıkmıştır. Fakat şunu belirtmek gerekir ki; her iki lif içinde ölçülen bütün

sürtme haslığı değerleri 4'ün üzerindedir ve bu değerler ticari olarak kabul edilebilir yüksek haslık değerleridir. PTT ve PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri de Tablo 5.9 ve Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.9: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Boyama Şartları			Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)							
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	100	30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
5				5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
6				5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
110		30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
120		30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
130		30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	4	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
			5	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
			6	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
	110	30	4	<u>4/5</u>	4	3/4	3/4	4	4	4
			5	<u>4/5</u>	4	3/4	3/4	4	4	4
			6	<u>4/5</u>	4	3/4	3/4	4	4	4
	120	30	4	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
			5	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
			6	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
	130	30	4	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
			5	<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4
6			<u>4/5</u>	4	3	3/4	4	4	4	

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

Tablo 5.9'e göre C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerine nazaran daha yüksektir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük molekülü bir boyarmaddedir. Lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşmakta ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu durum büyük molekülü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu gerçekleştiren küçük molekülü dispers boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olmaktadır. Dispers

boyarmaddelerin naylon ve poliester liflerine ilgisi olduğu için, bu iki lifin multi-lifli kumaş içinde daha çok kirlendiği gözlemlenmiştir.

Tablo 5.10: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri											
Boyama Şartları			Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)								
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi	
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	100	30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
	110	30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
	120	30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
	130	30	4	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			5	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5
			6	5	<u>4/5</u>	4/5	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	100	30	4	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			5	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			6	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
	110	30	4	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5	
			5	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5	
			6	<u>4/5</u>	4	<u>3/4</u>	<u>3/4</u>	<u>4/5</u>	<u>4/5</u>	4/5	
	120	30	4	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			5	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			6	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
	130	30	4	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			5	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	4	4/5	
			6	<u>4/5</u>	4	3	<u>3/4</u>	4	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 5.10'a göre, PTT liflerinde olduğu gibi C.I. Disperse Red 167: 1 ile boyanmış PBT liflerinin süblimasyon haslıkları C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT liflerine nazaran daha yüksektir. Bu az öncede değinildiği gibi beklenen bir sonuçtur. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi daha küçük molekülü bir boyarmaddedir ve lif ısıya maruz bırakıldığında bu boyarmadde lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu C.I. Disperse Red 167:1 (*büyük molekülü olması nedeniyle*) için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu oluşan küçük molekülü disper boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olur. Dispers

boyarmaddelerin naylon ve poliester liflerine ilgisi olduğu için, multi lifli kumaşta bu lifler daha çok kirlenmiştir. PTT ve PBT lifli kumaşlara ait ışık haslığı değerleri Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11: Konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT ve PBT kumaşlara ait ışık haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Işık Haslığı Değerleri				
Boyama Şartları			Işık Haslığı Değerleri* (ISO 105: B02)	
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Red 167:1 (Büyük)	Red 65 (Küçük)
100	30	4	5-6	5-6
		5	5-6	5-6
		6	5-6	5-6
110	30	4	5-6	5-6
		5	5-6	5-6
		6	5-6	5-6
120	30	4	5-6	5-6
		5	5-6	5-6
		6	5-6	5-6
130	30	4	5-6	5-6
		5	5-6	5-6
		6	5-6	5-6
Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Işık Haslığı Değerleri				
Boyama Şartları			Işık Haslığı Değerleri*(ISO 105: B02)	
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Red 167:1 (Büyük)	Red 65 (Küçük)
100	30	4	6	5-6
		5	6	5-6
		6	6	5-6
110	30	4	6	5-6
		5	6	5-6
		6	6	5-6
120	30	4	6	5-6
		5	6	5-6
		6	6	5-6
130	30	4	6	5-6
		5	6	5-6
		6	6	5-6

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

PTT ve PBT lifli kumaşların ışık haslığı değerleri incelendiğinde genel olarak liflerin yüksek ışık haslığı değerleri sergiledikleri gözlemlenmektedir. PTT liflerine ait ışık haslığı değerleri 5-6 ile 5-6, PBT liflerine ait ışık haslığı değerleri ise 5-6 ile 6 arasında değişmektedir ve oldukça yüksektir. Bütün haslık değerlerine genel olarak bakıldığında, PTT ve PBT liflerinin 80°C’nin üzerindeki bütün boyanma şartlarına ait haslık değerleri arasında bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu durum tıpkı renk ve boya alımı değerlerinde olduğu gibi her boyama şartının bir

diğerinin yerine kullanılabiliceğini göstermektedir. Fakat boyama ekonomisi düşünöldüğünde, daha düşük sıcaklıklarda yapılan boyama işlemlerinin maliyeti de düşüktür. Bu sebeple, PTT ve PBT lifleri için 100°C’de yapılan boyama tercih edilebilir.

5.1.3 Konvensiyonel yöntemle Boyamadan Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri

Elde edilen renk ve haslık değerlerine göre konvensiyonel olarak 80°C’nin üzerinde gerçekleştirilmiş tüm boyamalar birbirine yakın değerler sergilemişti. Fakat bu boyama yöntemiyle boyama işlemini sadece bu verilerle değerlendirmek doğru değildir. Bu nedenle kumaşa uygulanan farklı şartlardaki boyama işlemlerinin kumaşa ve kumaşın mukavemet ve elastikiyetine zarar verip vermediği de incelenmiştir. PTT ve PBT lifleri sıklıkla tekstil uygulamalarında karışım halinde kullanıldığı için normalde sentetik liflere uygulanan ön-fiksaj işlemi uygulanmamıştır. Numunelere uygulanan elastikiyet ve mukavemet testlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Liflere 80°C’nin üzerindeki farklı sıcaklıklarda uygulanmış boyamalara ait elastikiyet ve mukavemet değerleri ham kumaşların mukavemet ve elastikiyet değerlerinden bir miktar yüksek çıkmıştır. Bu durum beklenmedik şekilde boyama işlemlerinin kumaşların mukavemet ve elastikiyetini arttırdığını göstermektedir. Fakat aslında bu beklenmedik mukavemet ve elastikiyet artışının boyama sırasında kumaşların çekmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Mukavemetteki ve elastikiyetteki bu artışı anlayabilmek için her bir boyama prosesinden sonra her bir kumaşın çekme değerleri tayin edilmiştir. Kumaşlara ait çekme değerleri tablolarda kumaş çekmesi (%) olarak belirtilmiştir. PTT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları ve karşılaştırma Tablo 5.12 ve Tablo 5.13’de verilmiştir.

Tablo 5.12: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri					
Numune			Elastikiyet Değerleri		
			Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
Ham Kumaş			56.9	-	56.9
Boyama Şartları			Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
100	30	4	60.2	3.0	58.4
		5	58.8	2.0	57.6
		6	58.0	3.0	56.3
110	30	4	59.0	2.0	57.8
		5	57.4	2.0	56.2
		6	57.8	3.0	56.1
120	30	4	58.8	3.0	57.1
		5	58.6	3.0	56.8
		6	58.1	3.0	56.4
130	30	4	59.0	5.0	56.0
		5	60.8	4.1	58.4
		6	60.1	4.9	57.1

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

BS 4952 Standardına göre ölçülen elastikiyet değeri PTT ham kumaş için %56.9 çıkmıştır. Boyanmış lifler için elastikiyet değerleri ise %57.4-60.8 arasında değişmektedir ve görüldüğü gibi bütün ölçülen elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektiklerinden dolayı elastikiyet değerleri artmaktadır. Ham kumaş boyanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme olmayacaktır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0-5.0 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısının daha sıklaştığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden, şu açıktır ki, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırmak için relatif (bağıl) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) elastikiyet değerleri, liflerin elastikiyetlerinin birbirine (%56.0-58.4 arasında) ve ham kumaşın elastikiyet değerine (%56.9) çok yakın olduğunu göstermiştir. Boyama şartlarının farklılığından kaynaklı belirgin bir elastikiyet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Yani kısacası boyama şartlarının birbiri üzerinde bir üstünlük veya dezavantaj sağlamadığı açıkça tablodan görülmektedir. Fakat, daha yüksek sıcaklıklar altında uygulanan yaş işlemler sonucu kumaş biraz daha fazla

çekmektedir. Müşterinin istediği siparişe göre belirli gramajlarda, kumaş yapısında ve kumaş sıklığında örülmüş veya dokunmuş kumaşların terbiye işlemlerinden sonra değişmesi üretici açısından çok istenen bir durum değildir. Kumaşların terbiye işlemlerinden sonra çok çekmeleri veya tersine bollaşmaları, kumaşın üretildiği kumaş gramajı ve sıklığını değiştirecek ve bu durum üretici ve aynı zamanda satıcı açısından sıkıntılara yol açabilecektir. Bu yüzden boyama işlemlerinden sonra kumaşların büyük miktarlarda çekmesi çok istenen bir durum değildir ayrıca benzer renk özellikleri - boya alımı değerlerine daha düşük sıcaklıklarda (*yani daha düşük çekme oranlarında*) ulaşılabilmektedir.

Tablo 5.13: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri					
Numune			Mukavemet Değerleri		
			Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti (N)*
Ham Kumaş			99.6	-	99.6
Boyama Şartları			Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti (N)*
100	30	4	102.8	3.0	99.7
		5	102.2	2.0	100.2
		6	101.5	3.0	99.4
110	30	4	102.1	2.0	100.0
		5	102.2	2.0	100.1
		6	102.3	3.0	99.2
120	30	4	102.4	3.0	99.3
		5	102.2	3.0	99.1
		6	103.8	3.0	100.7
130	30	4	104.3	5.0	99.1
		5	103.9	4.1	99.7
		6	106.2	4.9	100.9

* Relatif kopma uzaması kumaş çekmesi ve kopma uzaması kullanılarak hesaplanmıştır.

ASTM 5034 Standardına göre ham PTT liflerinin mukavemet değerleri 99.6 civarında boyanmış liflerin mukavemet değerleri ise 101.5 ile 106.2 arasında değişen değerler sergilemektedir ve bu değerler ham kumaşın mukavemet değerlerinden yüksektir. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha mukavim hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa bir terbiye işlemi uygulanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0 ile 5.0 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısı daha da

sıkılaştırmaktadır. Bu durumda kumaşlarda meydana gelen çekmeler kumaşın cm^2 'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesi ve mukavemet değerleri kullanılarak hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, liflerin mukavemet değerlerinin birbirine (99.1-100.7 arasında) ayrıca ham kumaşın mukavemet değerine (99.6) çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu da mukavemet değerlerinin aslında artmadığını benzer seviyelerde kaldığını yani boyama işleminin mukavemette olumsuz bir etki sergilemediğini göstermektedir. Liflerin mukavemetleri arasında boyama şartlarının farklılığından kaynaklanan belirgin bir fark veya bir trend olmaması boyama şartlarının birbiri üzerine herhangi bir üstünlük veya dezavantaj sağlamadıklarını göstermektedir. Fakat, daha yüksek sıcaklıklarda uygulanan yaş işlemler (Örn. 130°C 'deki boyama işlemi) kumaşlarda biraz daha fazla çekmeye neden olmaktadır. Boyama işlemlerinden sonra kumaşların çok fazla çekmesi istenen bir durum değildir. Bu nedenle benzer renk özellikleri - boya alımı değerlerine daha düşük sıcaklıklarda ulaşılabilmesi, bu düşük sıcaklıkların tercih edilmesini önemli hale getirmektedir. PBT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları ve karşılaştırma Tablo 5.14 ve Tablo 5.15'de verilmiştir.

Tablo 5.14: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri					
Numune			Elastikiyet Değerleri		
			Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
Ham Kumaş			75	-	75
Boyama Şartları			Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
100	30	4	86.8	11.9	76.5
		5	87.3	11.8	77.0
		6	87.4	11.9	77.0
110	30	4	86.5	11.9	76.2
		5	86.3	11.9	76.0
		6	85.7	11.0	76.2
120	30	4	87.0	12.0	76.6
		5	86.7	12.0	76.3
		6	86.3	11.0	76.8
130	30	4	85.4	11.0	76.0
		5	86.8	12.0	76.4
		6	87.5	12.0	77.0

* Relatif kopma uzaması kumaş çekmesi ve kopma uzaması kullanılarak hesaplanmıştır.

PBT lifli ham kumaş için BS 4952 Standardına göre ölçülen elastikiyet değeri %75'dir. Boyanmış liflerin elastikiyet değerleri ise %85.4-87.3 arasında değişmektedir. Elastikiyet sonuçlarına göre boyanmış liflere ait ölçülen bütün elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PBT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında boyama işleminden sonra kumaşlar çektikleri için elastikiyet değerleri artmaktadır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %11.0 ila 12.0 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşların çekmesi sonucu kumaş yapısının daha sıkılaştığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm^2 'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Kumaşlardaki çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine ve uzamaya göre hesaplanan relatif (bağıl) elastikiyet değerleri, liflerin elastikiyetlerinin birbirine (%76.0-77.0 *arasında*) ve ham kumaşın elastikiyet değerine (%75) çok yakın olduğunu göstermektedir. Boyama şartlarının farklı olmasından kaynaklanan belirgin bir elastikiyet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Yani kısacası boyama şartlarının birbiri üzerinde bir üstünlük sağlamadığı açıkça görülmektedir. Boyanmış kumaşlara ait benzer renk özellikleri ve boya alımı değerlerine daha düşük sıcaklıklarda ulaşılabilir. Benzer renk verimi, boya alımı ve haslık değerlerine daha düşük sıcaklıklarda ulaşılabilirdiği için ve elastikiyet değerleri arasında belirgin bir farklılık gözlemlenmediği için maliyet açısından daha düşük sıcaklıklarda yapılan boyamalar önerilebilir.

Tablo 5.15: Konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri					
Numune		Mukavemet Değerleri			
		Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti (N)*	
Ham Kumaş		70	-	70	
Boyama Şartları			Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti (N)*
100	30	4	81.4	11.9	71.7
		5	80.4	11.8	70.9
		6	79.1	11.9	69.7
110	30	4	81.5	11.9	71.8
		5	81.3	11.9	71.6
		6	78.1	11.0	69.5
120	30	4	79.2	12.0	69.7
		5	80.7	12.0	71.0
		6	78.7	11.0	70.1
130	30	4	80.4	11.0	71.6
		5	79.5	12.0	70.0
		6	80.1	12.0	70.5

* Relatif kopma uzaması kumaş çekmesi ve kopma uzaması kullanılarak hesaplanmıştır.

Ham PBT lifinin mukavemet değeri 70, boyanmış liflerin mukavemet değerleri ise 78.1 ile 81.5 arasında değişen değerler sergilemekte ve bu değerler ham kumaşın mukavemet değerlerinden yüksektir. Bu durum çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemlerinin PBT lifli kumaşları daha mukavim hale getirdiğini göstermektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa herhangi bir terbiye işlemi uygulanmadığı için kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlar ham kumaşla karşılaştırıldığında işlemler sonrasında %11.0-12.0 aralığında çekme değerleri gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısı daha da sıkılaşmakta ve kumaşlarda meydana gelen çekmeler kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, liflerin mukavemet değerlerinin birbirine (69.5-71.7 arasında) ve ham kumaşın mukavemet değerine (70.0) çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu da mukavemet değerlerin aslında artmadığını benzer seviyelerde kaldığını yani boyama işleminin mukavemete herhangi olumsuz bir etkide bulunmadığını göstermektedir. Boyama şartlarının farklılığı yüzünden mukavemet değerleri arasında belirgin bir fark veya bir trend olmaması, boyama şartlarının birbiri

üzerine herhangi bir üstünlük sağlamadıklarını göstermektedir. Fakat, benzer renk özellikleri - boya alımı değerlerine ve dahası haslık değerlerine daha düşük sıcaklıklarda ulaşılabilmesi, bu düşük sıcaklıkların tercih edilmesi için önemlidir.

Bütün PTT ve PBT liflerine uygulanan 80°C'nin üzerinde çeşitli sıcaklıklardaki ve pH'lardaki boyama şartlarına ait renk verimi, boya alımı, kolorimetrik değerler, haslık değerleri, mukavemet ve elastikiyet değerleri birbirine benzer sonuçlar sergilemiştir. Bu durum herhangi bir boyama şartının bir diğerine göre bir üstünlük sergilemediğini göstermektedir ve bu nedenle tüm şartlar bu lifleri boyamak için uygundur. Fakat maliyet ve süre açısından en uygun şart olarak en düşük sıcaklığın (100°C) seçilmesi tavsiye edilir. PTT lifi bikomponent liflere poliester lifi ile birlikte veya poliester lifli kumaşlarda kumaşa gerekli elastikiyeti vermek için poliüretan lifinin yerine de kullanılabilir. Bu yüzden poliester lifinin boyama şartlarına uygun olan boyama pH'nın seçilip uygulanması daha avantajlı olabilmektedir. Bu yüzden bundan sonraki bölümlerdeki boyamalarda pH 5 tercih edilmiştir.

5.2 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Bulgular

5.2.1 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Renk Değerleri

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında mikrodalga enerjisinin kullanımı ile gerçekleştirilen boyama yöntemi yeni teknikler arasındadır. Bu yöntemle elde edilen boyamalar sonucunda konvensiyonel tekniklerle gerçekleştirilmiş boyamalarla aynı renk verimi ve boya alımı değerlerine ulaşamamakla birlikte 900 watt mikrodalga gücü kullanılarak 15 dakikada gerçekleştirilmiş boyamalarda yakın değerler elde edilmiştir.

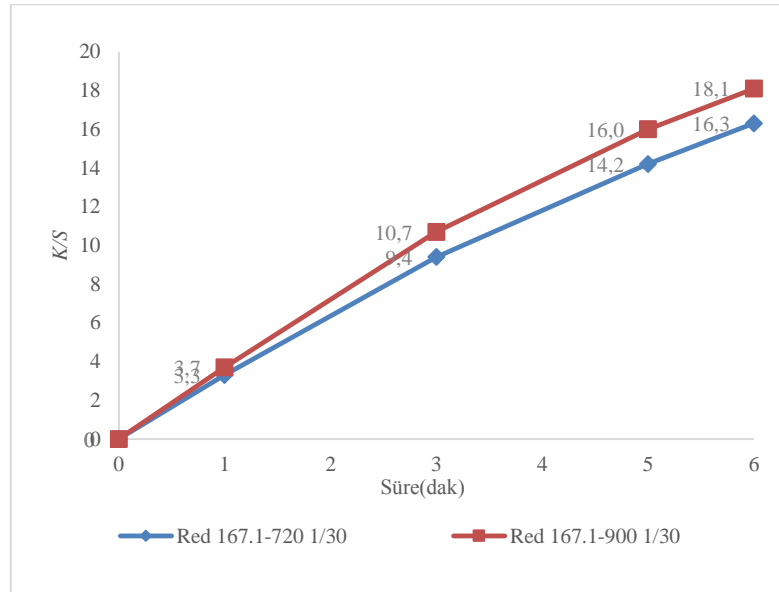
5.2.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri

1:30 Flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.16'da verilmiştir.

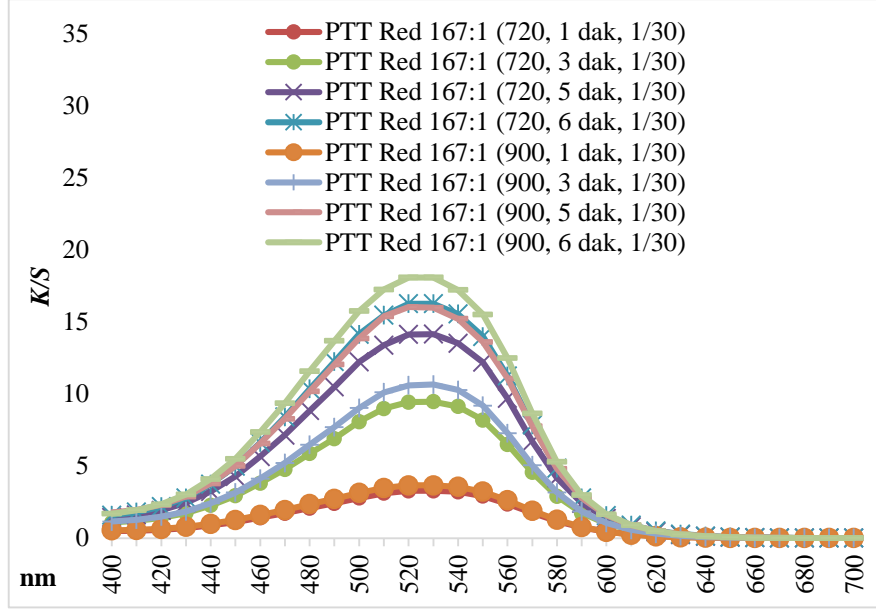
Tablo 5.16: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri					
Boyama Şartları				Renk Verimi (K/S)	
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Mikrodalga Gücü	
				720 Watt	900 Watt
1:30	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	3.3	3.7
		3		9.4	10.7
		5		14.2	16.0
		6		16.3	18.1
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		2.4	3.5
		3		9.5	10.7
		5		13.7	16.1
		6		16.1	18.1

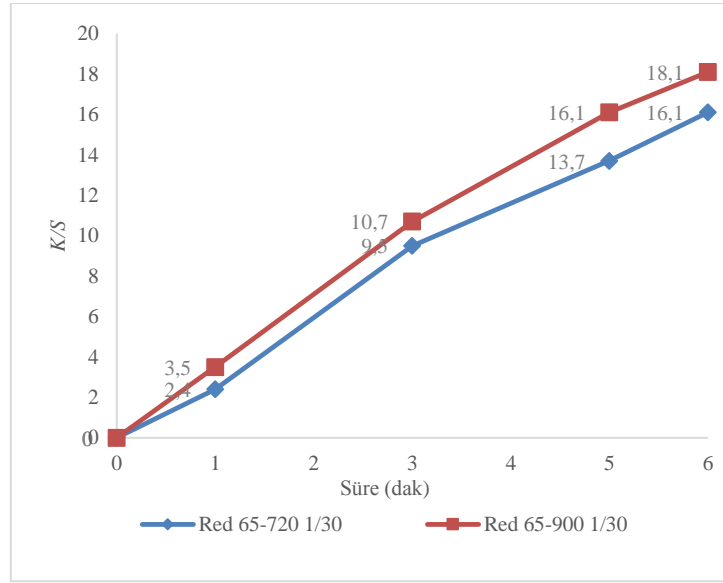
Tablo 5.16'dan görüldüğü gibi her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi değerleri boyama süresi ve güç (*mikrodalga enerjisi*) arttıkça artan bir trend sergilemiştir. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları ve renk verimi (K/S)- dalga boyu (nm) eğrileri Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'te verilmiştir.



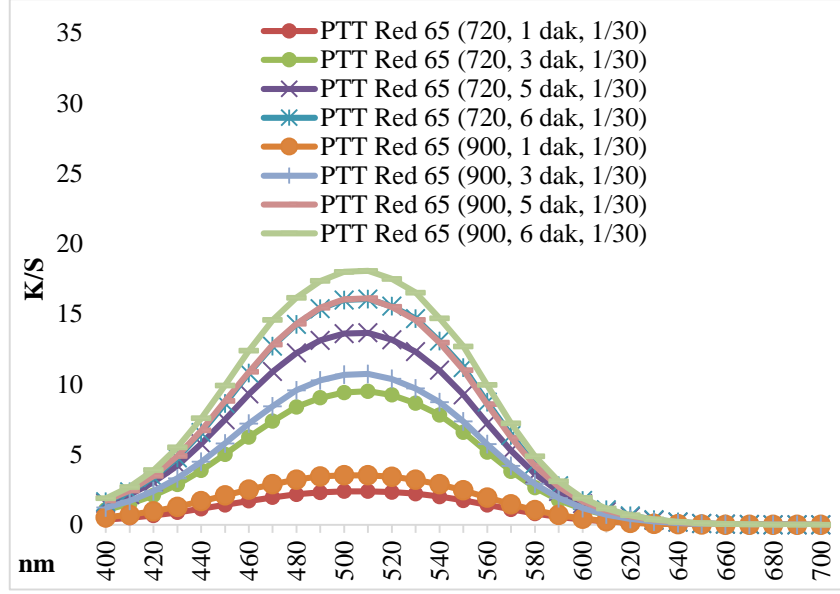
Şekil 5.21: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.22: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.23: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.24: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

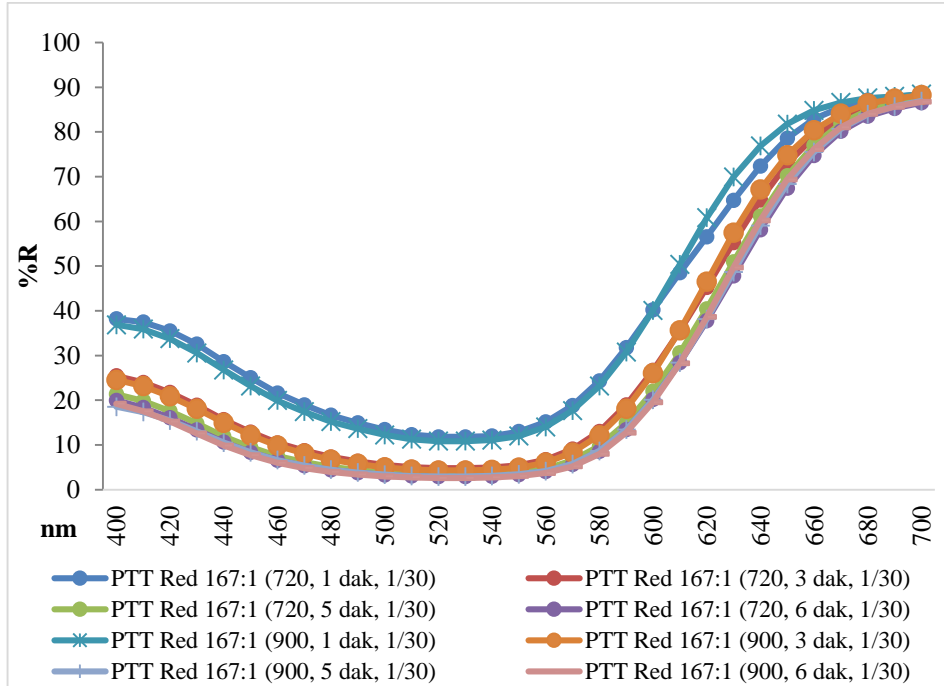
C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerinin renk verimi değerleri 3.3 ile 18.1 arasında değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT kumaşların renk verimi değerleri 2.4 ile 18.1 arasında değişmektedir. Her iki boyarmadde içinde, 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi değerlerinden daha düşük çıkmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek renk verimi değeri 900 watt'da 6 dakikalık boyamada 18.1 olarak ölçülmüştür. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış kumaşlarında en yüksek renk verimi değerlerine yine 900 watt'da 6 dakikalık boyamada ölçülen 18.1 ile ulaşılmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ve C.I. Disperse Red 65 ile yapılmış boyamalara ait $K/S-nm$ eğrileri incelendiğinde eğrilerin de artan süre ve güç ile birlikte artan bir trend sergilediği gözlemlenmektedir. Her iki boyarmadde ile de 1 dakikalık sürelerde yapılmış boyamalara ait eğriler en alttaki eğriler olup nm eksenine neredeyse paralel çıkmıştır. Süre ve güç arttıkça eğrilerde değişmiş ve liflerin K/S değerleri artmıştır.

PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5.17: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIE-LAB değerlerinin karşılaştırılması (Flotte oranı 1:30)

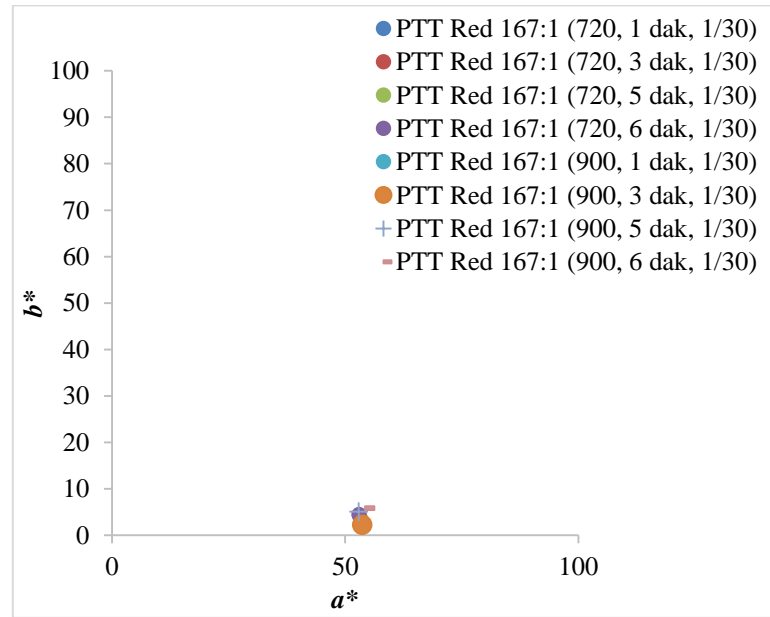
Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri										
Boyama Şartları					Renk Özellikleri					
Flotte Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	L*	a*	b*	C*	h°
1:30	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	3.3	55.03	44.65	-3.4	44.78	356
			3		9.4	43.92	51.87	1.53	51.89	1.69
			5		14.2	40.01	53.29	3.84	53.43	4.12
			6		16.3	38.37	52.98	4.52	53.18	4.88
		900	1		3.7	54.49	47.42	-1.4	47.44	358
			3		10.7	43.34	53.69	2.32	53.75	2.48
			5		16.0	38.52	52.91	5.14	53.16	5.55
			6		18.1	37.91	54.28	5.91	54.61	6.22
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	720	1		2.4	58.48	36.84	6.89	37.48	10.6
			3		9.5	43.34	46.62	11.9	48.12	14.3
			5		13.7	39.58	47.27	14.6	49.48	17.2
			6		16.1	37.8	47.85	14.6	50.01	16.9
		900	1		3.5	55.18	42.2	10.8	43.56	14.3
			3		10.7	42.47	47.72	13.8	49.68	16.1
			5		16.1	38.1	48.08	15.5	50.52	17.9
			6		18.1	36.66	48.17	15.7	50.66	18

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.27 ve Şekil 5.28'de verilmiştir.



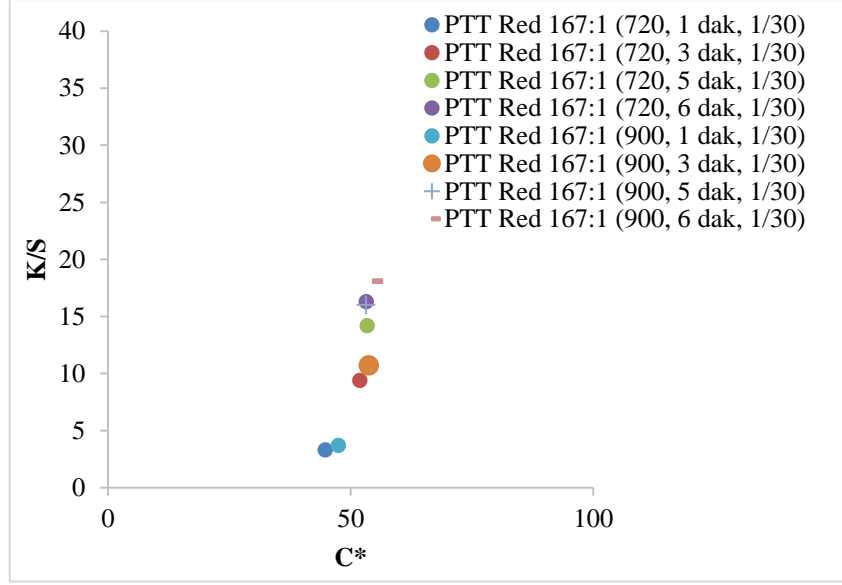
Şekil 5.25: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.25'den görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler farklı çıkmakta ve bu durum daha önce K/S -nm ve K/S -süre grafiklerinde gözlemlenen eğrilere ait sonuçlara paralel sonuçlar sergilemektedir. Bu grafikte de her iki güç ile boyanmış liflerin 1 dakikalık boyamalarına ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı çıkmıştır. Fakat diğer sürelerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri, K/S -nm grafiklerindeki eğrilerden farklı olarak birbirine yakın çıkmıştır. Bu durum 1 dakikalık boyamalar dışındaki boyamaların kırmızı rengin tonlarına sahip olduğu bilgisi ile açıklanabilir. Aslında 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de kırmızı rengi göstermektedir fakat lifler diğer boyamalardan daha açık kırmızı tonlarına sahiptir. Bu bilgi boyamalara ait L^*-C^* grafikleri ve h° açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında (900 watt'lık 6 dakikalık boyama) elde edilen en yüksek K/S değeri (18.1) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (23.0) değerlerine ulaşamamıştır.



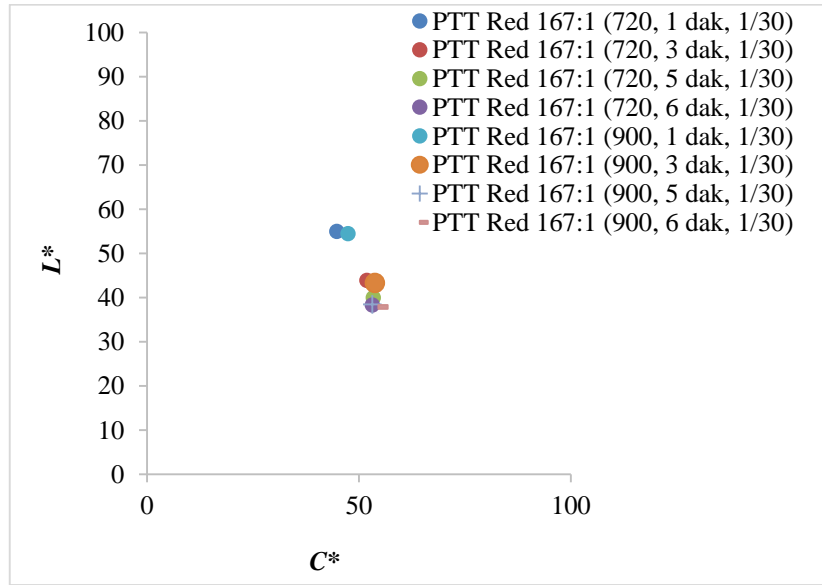
Şekil 5.26: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması (1 dakikalık boyamalar hariç) liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemiştir. Bu durumda tüm boyamalardan elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir.



Şekil 5.27: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flutte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

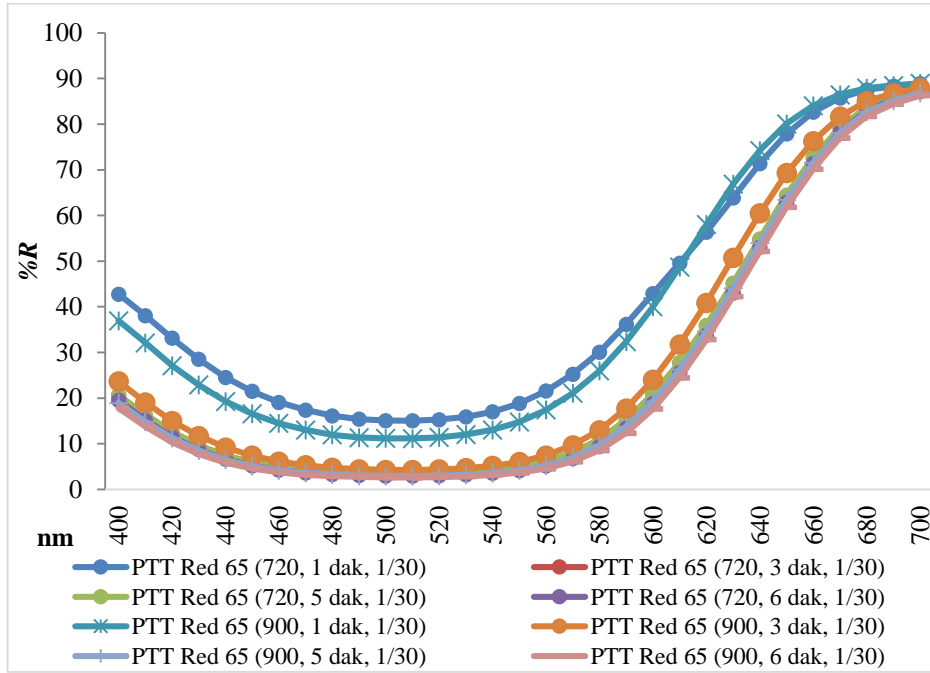
$K/S-C^*$ grafiğine göre, artan süre ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerleri bir miktar artmaktadır. Kroma değerleri, aynı sürelerde gerçekleştirilen boyamalarda güç miktarı arttıkça da artmıştır. Bu durumda grafiğe göre boyamalarda kullanılan gücün ve sürenin artması sonucunda liflerin K/S ve C^* değerlerinin arttığı söylenebilir. Bu grafikte en yüksek değerler 900 watt'da 6 dakikalık boyamaya aittir.



Şekil 5.28: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flutte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Tüm şekillerden görüldüğü gibi farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB değerleri farklı çıkmıştır. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler sonucunda farklı renk kuvveti değerleri ve CIE-LAB değerleri sergilemiştir. L^*-C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte çok büyük bir artış göstermemiş fakat artan süre ile birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmüştür yani renk koyulaşmıştır. Bu durum renk veriminin arttığı grafik $K/S-C^*$ grafiğine ters yönde bir trend sergilemektedir. Bu grafiğe göre de en koyu boyama 900 watt'da 6 dakikalık boyama olarak gözlemlenmiştir. Fakat bu şartta elde edilen K/S değeri (18.1) konvansiyonel boyamalarda elde edilen K/S (23.0) değerlerine ulaşamamıştır.

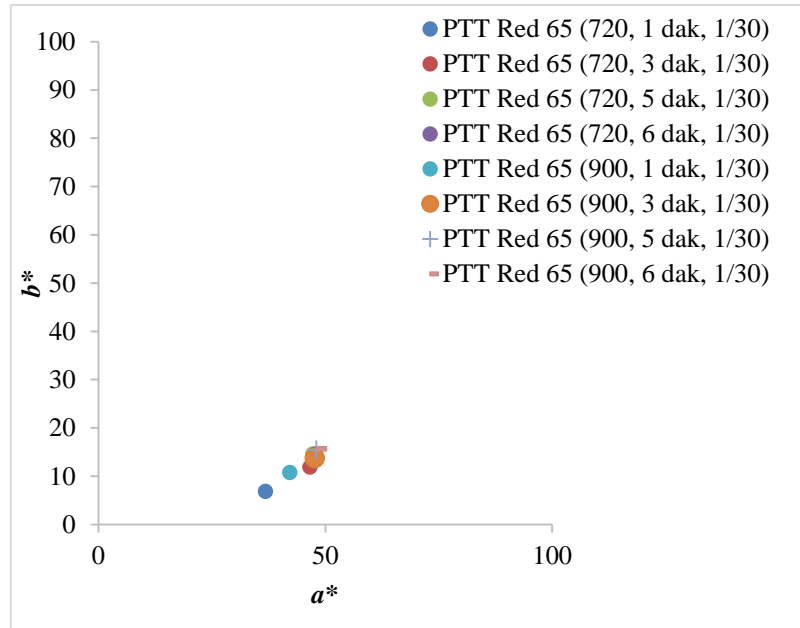
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.29, Şekil 5.30, Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de verilmiştir.



Şekil 5.29: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

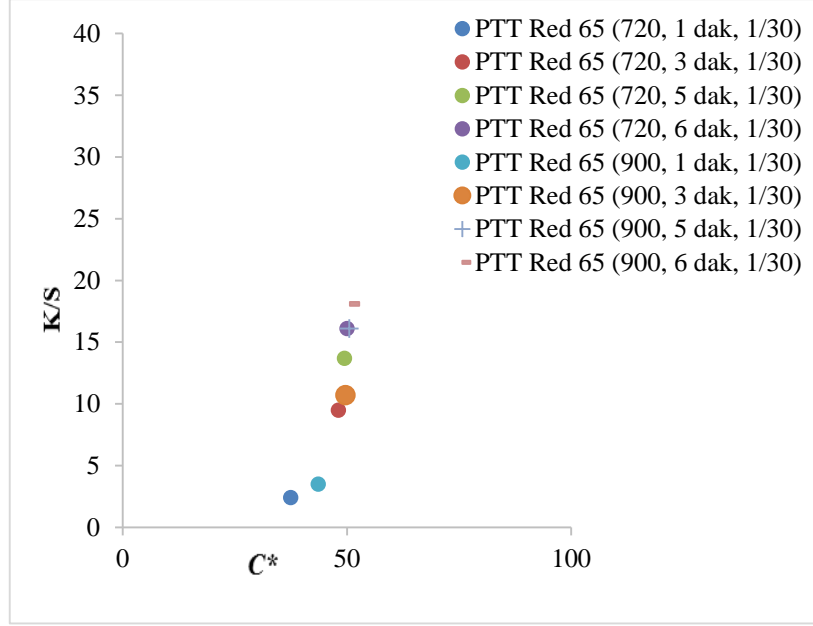
Şekil 5.29'dan görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait %R-nm grafiğinde yer alan eğrilere ait değerlendirmeler, K/S -nm ve K/S -süre grafiklerinde gözlemlenmiş eğrilere ait değerlendirmelere paralel sonuçlar sergilemekte ve farklı çıkmaktadır. Her iki güç ile boyanmış liflerin 1 dakikalık

boyamalarına ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı görünmektedir. Yine diğer süre ve güçlerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri, $K/S-nm$ grafiklerindeki eğrilerden farklı olarak birbirine yakın çıkmaktadır. Bu durum 1 dakikalık boyamalar dışındaki tüm boyamaların benzer kırmızı renk tonlarında olduğunu göstermektedir. Bunun yanında, 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de daha açık tonlardaki kırmızı rengi göstermektedir. Tondaki bu farklılık C.I. Disperse Red 65 boyamaddesi ile 1:30 flotte oranında gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB grafikleri incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu grafiğe göre boyama şartları arasından en üstün olanı 900 watt'da 6 dakikalık boyama olarak gösterilebilir. Fakat bu şartta elde edilen K/S değeri (18.1) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (26.3) değerlerine ulaşamamıştır.



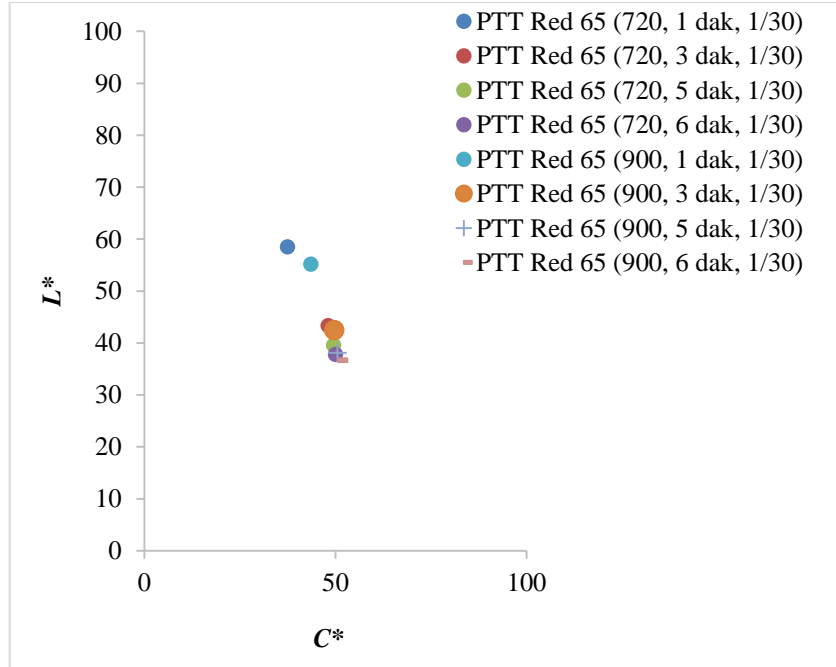
Şekil 5.30: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile PTT liflerinin a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Özellikle 1 dakikalık boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri diğer dakikalara göre daha düşük çıkmıştır yani bu da, bu boyamalara ait kırmızı tonlarının diğer sürelerde boyanmış kumaşlara göre kırmızının daha açık tonlarında olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.31: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

$K/S-C^*$ grafiği incelendiğinde, artan süre ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerlerin de arttığı gözlemlenmektedir. Kroma değerleri, aynı sürelerde gerçekleştirilen boyamalarda güç miktarı arttıkça da artmıştır. Bu grafik en üstün boyama şartı olarak 900 watt'da 6 dakikalık boyamayı göstermektedir.



Şekil 5.32: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Tüm grafikler farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB grafiklerinin birbirinden farklı çıktığını göstermektedir. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler neticesinde farklı renk kuvveti değerleri ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri sergilemiştir. L^* - C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte belirli bir artış göstermiş fakat beklenildiği gibi artan süre ve güç ile birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri de düşmüştür. Bu durum rengin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafik K/S - C^* grafiğine ters yönde bir trend sergilemektedir. 900 Watt 6 dakikalık 1:30 flotte oranında yapılan mikrodalga boyama yöntemi sonucunda elde edilen K/S değeri (18.1) konvansiyonel boyamada elde edilen K/S (26.3) değerine ulaşamamıştır. 1:30 flotte oranında 6 dakikadan daha fazla yapılan boyama işlemlerinde 6.ıncı dakikadan sonra banyodaki flotte tamamen tükendiği için kumaş yanmaktadır. Bu yüzden bu flotte oranında daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu sebeple, daha yüksek renk verimlerine ulaşabilmek için ve daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirebilmek için 1:50 ve 1:75 flotte oranlarında da boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir

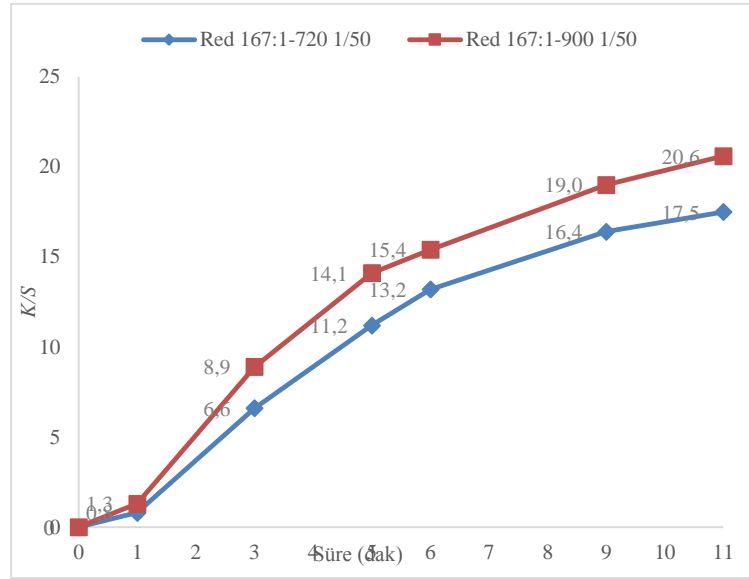
1:50 Flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.18'de verilmiştir.

Tablo 5.18: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması

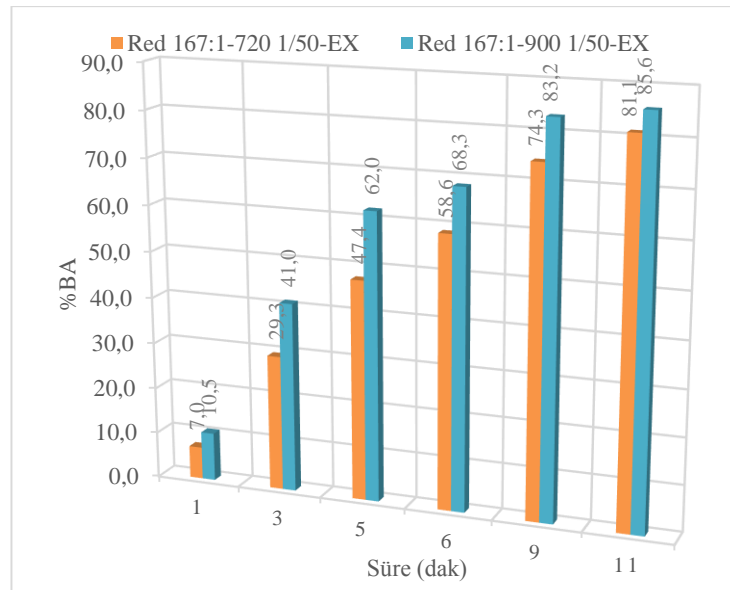
Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri							
Mikrodalga Boyama Şartları				Güç (Watt) ve Renk Değerleri (K/S - $%BA$)			
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	720 Watt		900 Watt	
				K/S	$%BA$	K/S	$%BA$
1:50	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	0.8	7.0	1.3	10.5
		3		6.6	29.3	8.9	41.0
		5		11.2	47.4	14.1	62.0
		6		13.2	58.6	15.4	68.3
		9		16.4	74.3	19.0	83.2
		11		17.5	81.1	20.6	85.6
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		0.6	50.1	0.7	51.8
		3		6.0	59.4	7.4	63.2
		5		10.8	68.4	13.0	73.0
		6		12.9	73.0	14.7	74.4
		9		16.4	76.2	17.8	79.0
		11		18.4	82.3	20.3	84.6

Tablo 5.18'den görüldüğü gibi her iki boyarmaddenin kullanılması ile gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi (K/S) ve boya alımı ($%BA$) değerleri

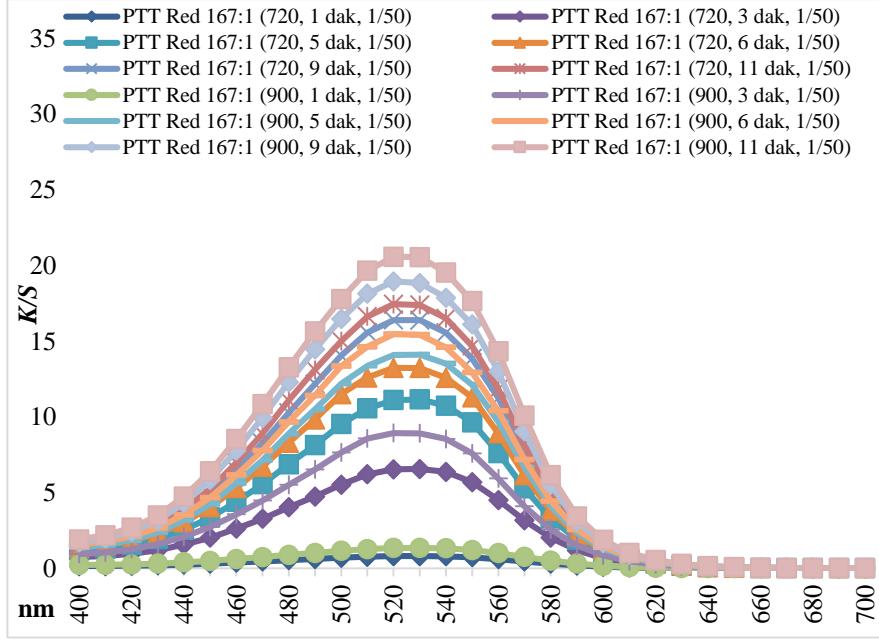
boyama süresi arttıkça artmıştır. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları Şekil 5.33, Şekil 5.34, Şekil 5.35, Şekil 5.36, Şekil 5.37 ve Şekil 5.38’de verilmiştir.



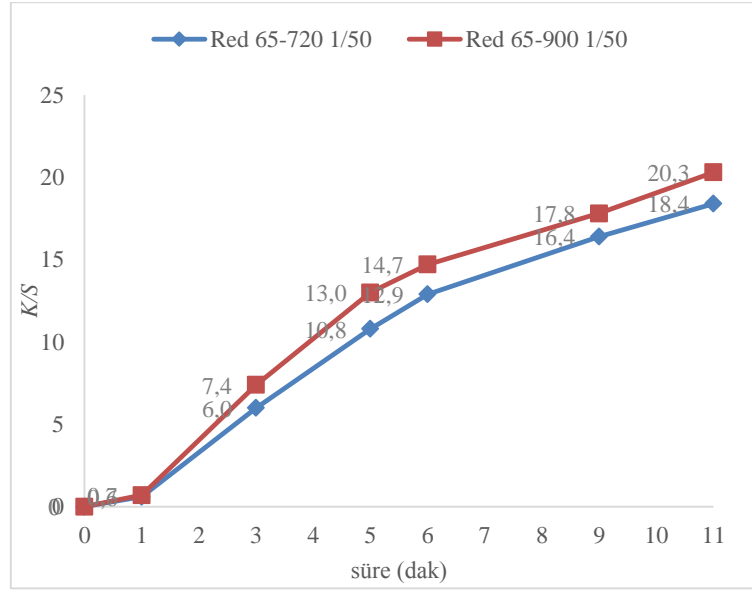
Şekil 5.33: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



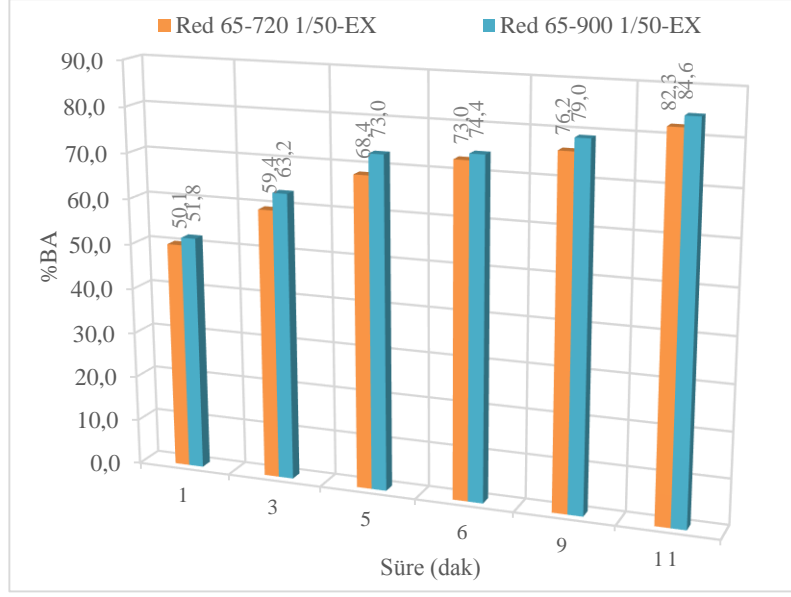
Şekil 5.34: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



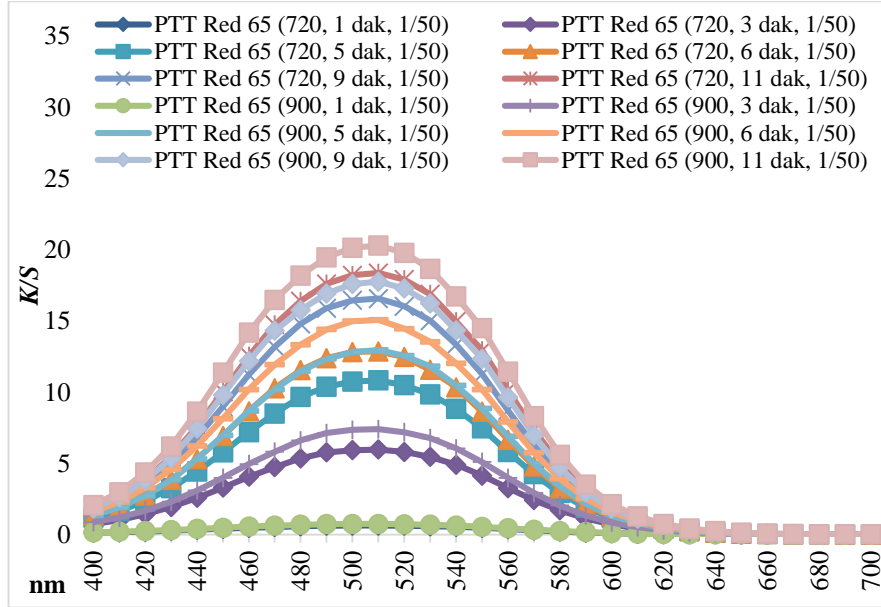
Şekil 5.35: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.36: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.37: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.38: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmasından elde edilen renk verimi değerleri 0.8 ile 20.6 arasında değişmektedir. Yine boya alımı değerleri %7.0-85.6 aralığında değişmektedir. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek renk verimi değeri 900 watt'da 11 dakikalık boyama ait olan 20.6, boya alımı miktarı ise %85.6'dır. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT kumaşların renk verimi değerleri ise 0.6 ile 20.6 arasında, boya alımı değerleri

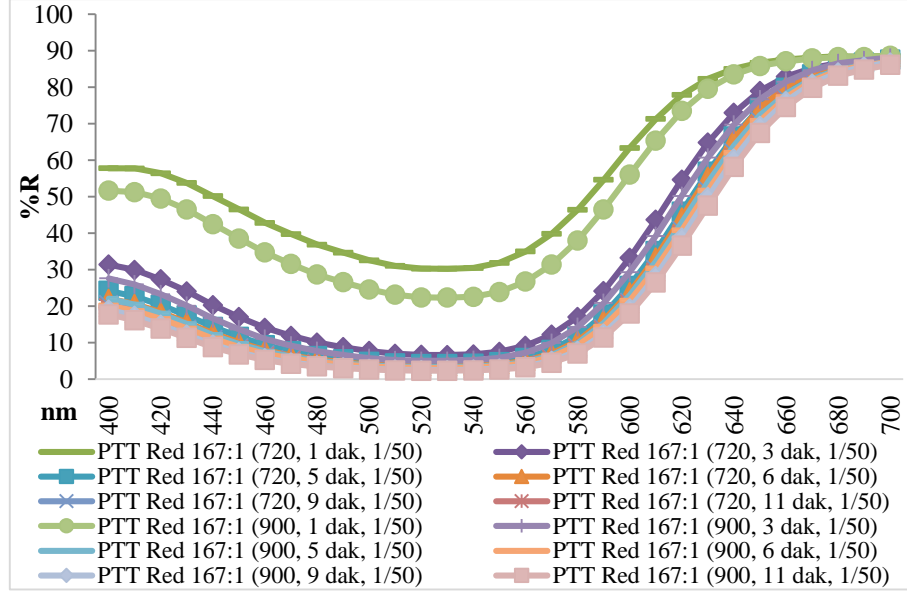
ise %50.1 ile 84.6 aralığında değişmektedir ve en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine sırasıyla 900 watt 11 dakikada 20.3 ve %84.6 ile ulaşılmıştır. Her iki boyarmadde ile boyamalarda, 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi ve boya alımı değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi ve boya alımı değerlerinden daha düşük çıkmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ve C.I. Disperse Red 65 ile yapılmış boyamalara ait renk verimi-dalga boyu eğrileri ($K/S-nm$) incelendiğinde eğrilerinde artan süre ve güç ile birlikte artan bir trend sergilemektedir. Her iki boyarmadde ve güç ile 1 dakikalık sürelerde yapılmış boyamalara ait eğriler en alttaki eğriler olup nm eksenine neredeyse paraleldir. Süre ve güç arttıkça eğrilerde değişmiş ve liflerin K/S değerleri artmıştır.

PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri Tablo 5.19'da verilmiştir.

Tablo 5.19: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (Flotte oranı 1:50)

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri											
Boyama Şartları					Renk Özellikleri						
Flotte Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	%BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h^o
1:50	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	0.8	7.0	71.41	32.36	-3.6	32.56	354
			3		6.6	29.3	48.68	52.22	0.21	52.22	0.23
			5		11.2	47.4	42.89	53.79	2.89	53.87	3.08
			6		13.2	58.6	41.42	54.54	4.7	54.74	4.93
			9		16.4	74.3	39.1	54.55	5.1	54.79	5.34
			11		17.5	82.0	38.5	54.35	5.8	54.66	6.09
		900	1		1.3	10.5	65.95	38.28	-3.7	38.46	354
			3		8.9	41.0	45.57	53.47	2.25	53.51	2.4
			5		14.1	62.0	40.61	54.46	4.43	54.64	4.65
			6		15.4	68.3	39.56	53.95	5.13	54.2	5.44
			9		19.0	83.2	38.52	52.91	5.14	53.16	5.55
			11		20.6	85.6	37.91	54.28	5.91	54.61	6.22
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	720	1		0.6	50.1	73.99	26.35	5.08	26.84	10.9
			3		6.0	59.4	49.08	45.8	11.5	47.22	14.1
			5		10.8	68.4	42.45	47.97	13.5	49.84	15.7
			6		12.9	73.0	41.22	49.04	15.5	51.43	17.6
			9		16.4	76.2	38.12	48.54	15.9	51.07	18.1
			11		18.4	82.3	36.68	48.68	15.7	51.16	17.9
		900	1		0.7	51.8	72.43	27.83	5.64	28.4	11.5
			3		7.4	63.2	46.73	46.82	12.1	48.37	14.5
			5		13.0	73.0	40.94	49.17	15	51.41	17
			6		14.7	74.4	38.98	48.27	15.4	50.67	17.7
			9		17.8	79.0	37.02	48.21	15.8	50.75	18.2
			11		20.3	84.6	35,38	48,28	16,1	50,9	18,5

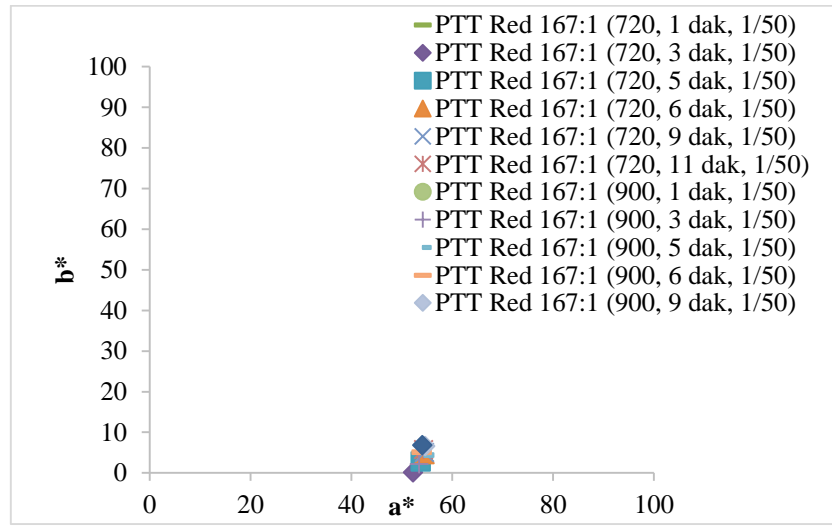
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.39, Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de verilmiştir.



Şekil 5.39: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

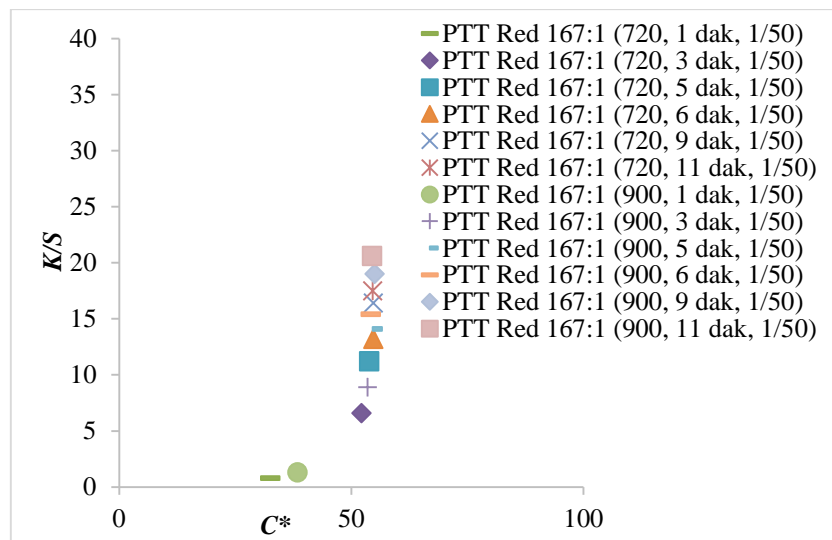
Şekil 5.39’den görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait %R-nm grafiğinde yer alan eğriler de tıpkı $K/S-nm$ ve $K/S-süre$ grafiklerinde gözlemlenmiş sonuçlara paralel değerler sergilemekte ve farklı çıkmaktadır. Her iki güç ile boyanmış liflerin 1 dakikalık boyamalarına ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı ve üstte çıkmıştır. Fakat diğer süre ve güçlerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri incelendiğinde, $K/S-nm$ grafiklerindeki eğrilerden farklı olarak bu eğrilerin birbirine yakın çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum 1 dakikalık boyamalar dışındaki boyamaların kırmızı renk tonlarında olduğunu göstermektedir. Aslında, 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de kırmızı rengi göstermektedir fakat bir dakikalık sürede boyanmış lifler diğer boyamalardan çok daha açık kırmızı tonlarına sahiptir. Tondaki bu farklılık C.I. Disperse Red 65 boyamaddesi ile 1:50 flote oranında gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB grafikleri incelendiğinde de gözlemlenmektedir. Bu grafiklere göre boyama şartlarından en üstün olanı 900 watt’da 11 dakikalık boyama olarak gösterilebilir. Fakat bu şartta elde edilen renk

değerleri (20.6, %boya alımı; 85.6) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (renk verimi, 23.0, % boya alımı; 97.15) ulaşamamıştır.



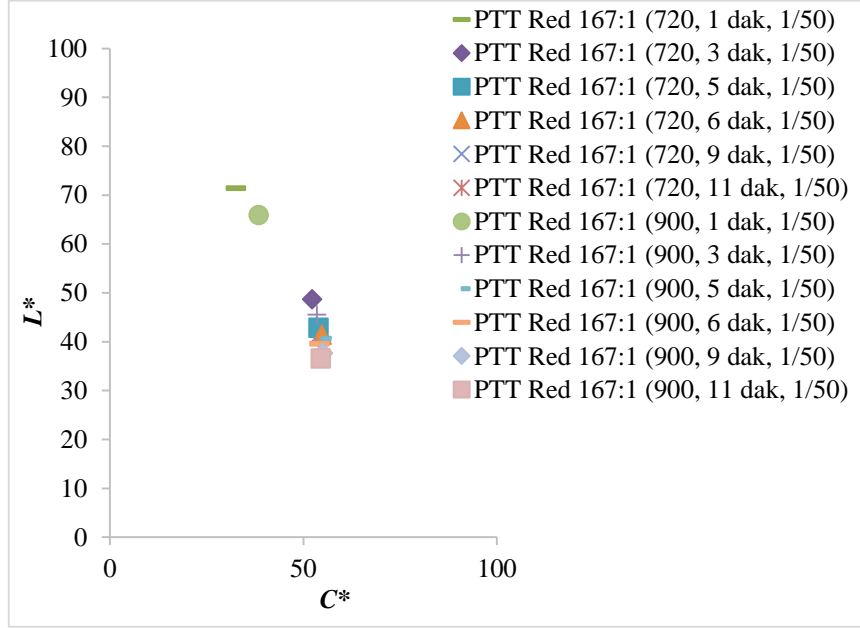
Şekil 5.40: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin 1:50 flottede boyanması sonucunda elde edilen a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması (1 dakikalık boyamalara ait değerler hariç) liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemiştir. Bu durumda tüm boyamalardan elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir.



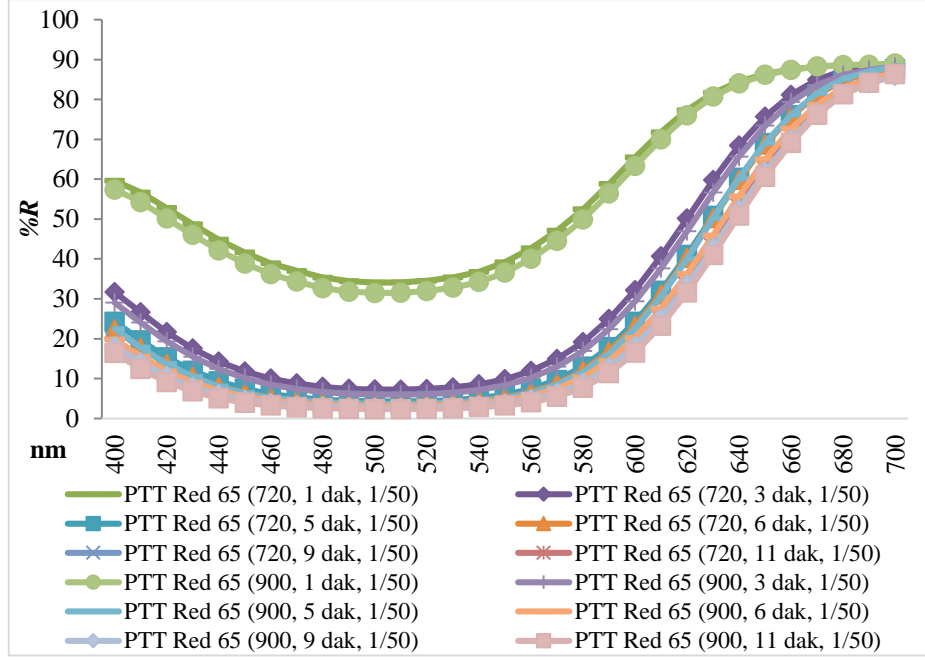
Şekil 5.41: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

$K/S-C^*$ grafiğine göre, artan süre ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerleri de bir miktar (*en düşük değerler 1 dakika gerçekleştirilen boyamalara aittir*) artmaktadır. Liflerin kroma değerleri, aynı sürelerde gerçekleştirilen boyamalarda güç miktarı arttıkça da artmıştır. Bu grafikte en üstün boyama şartı olarak 900 watt'da 11 dakikalık boyama gösterilebilir.



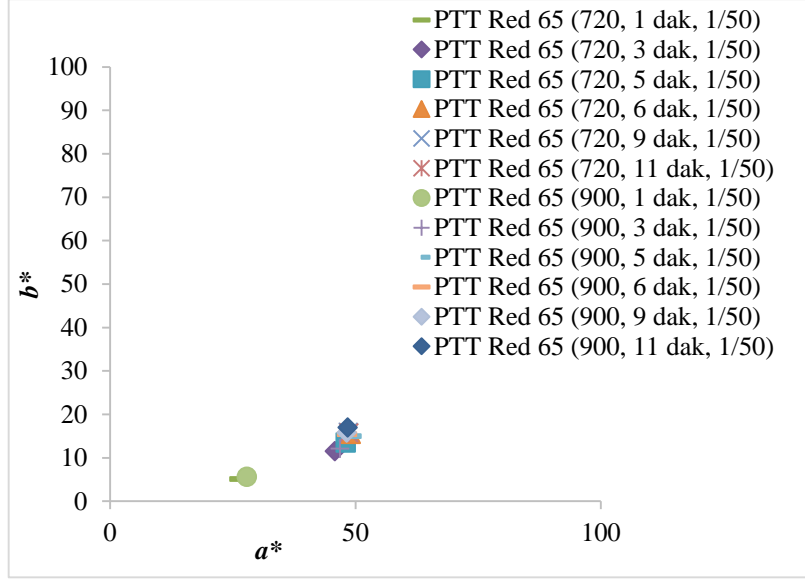
Şekil 5.42: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Tüm şekillerden (Şekil 5.39, Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42) görüldüğü gibi farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB değerleri farklı çıkmıştır. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler sonucunda farklı renk değerleri (K/S (renk verimi) ve %BA (boya alımı)) ve CIE-LAB değerleri sergilemiştir. L^*-C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte çok büyük bir artış göstermemiş fakat artan süre ile birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmüş yani boyanmış liflerin rengi koyulaşmıştır. Bu durum renk veriminin arttığı grafik $K/S-C^*$ grafiğine ters yönde bir trend sergilemektedir. Bu grafiğe göre de en koyu boyama değerlerine 900 watt'da 11 dakikalık boyama ile ulaşılmıştır. Fakat bu şartda elde edilen renk değerleri (20.6, %boya alımı; 85.6) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (renk verimi, 23.0, % boya alımı; 97.15) ulaşamamıştır. PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.43, Şekil 5.44, Şekil 5.45 ve Şekil 5.46'da verilmiştir.



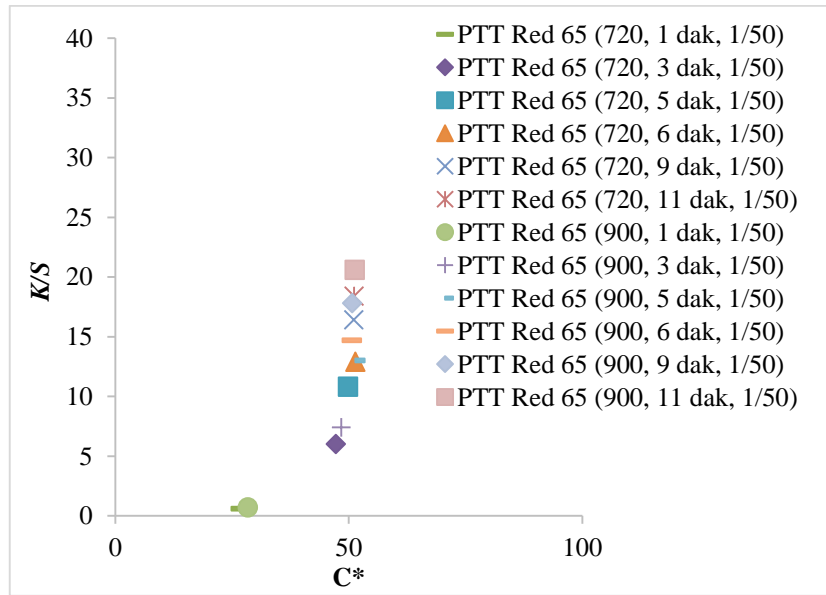
Şekil 5.43: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.43'den görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait %R-nm grafiğinde yer alan eğriler aynı K/S-süre ve K/S-nm grafiklerinde gözlemlenmiş sonuçlara paralel değerler sergilemektedir. 1 dakikada boyanmış liflere ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı ve üsttedir. K/S-nm grafiklerindeki eğrilerden farklı olarak 1 dakikadan farklı sürelerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri incelendiğinde bu eğrilerin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum 1 dakikalık boyamalar dışındaki tüm boyamaların kırmızı renk tonlarında olduğunu göstermektedir. Aslında, 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de kırmızı rengi göstermektedir fakat bir dakikalık sürede boyanmış lifler diğer boyamalardan daha açık kırmızı tonlarına sahiptir. Tondaki bu farklılık C.I. Disperse Red 65 boyamaddesi ile 1:50 flotte oranında gerçekleştirilmiş boyamalara ait diğer CIE-LAB grafikleri incelendiğinde de görülebilmektedir. Bu grafiklere göre boyama şartlarından en üstün olanı 900 watt'da 11 dakikalık boyama olarak gösterilebilir. Fakat bu şartta elde edilen renk değerleri (20.3, %boya alımı; 84.6) konvansiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (26.3, % boya alımı; %99.05) ulaşamamaktadır.



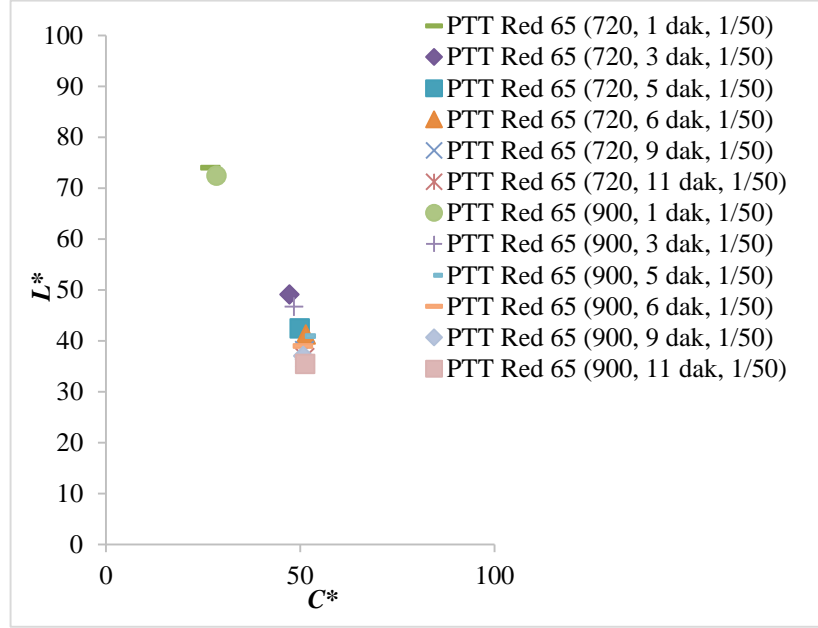
Şekil 5.44: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile PTT liflerinin boyanması sonucunda elde edilmiş a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri ve h^o değerinin 90^o 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Özellikle 1 dakikalık sürelerde boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri diğer değerlerden farklı ve düşüktür, bu da, bu boyamalara ait kırmızı tonlarının diğer sürelerde boyanmış kumaşlara göre daha farklı açık tonlarda olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.45: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.45'deki grafiğe göre, artan süre ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerleri de artmaktadır. Aynı zamanda liflerin kroma değerleri de, aynı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalar arasında güç miktarı arttıkça da artmaktadır. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalara aittir, en yüksek değerlerede 900 watt'da 11 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



Şekil 5.46: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^* - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

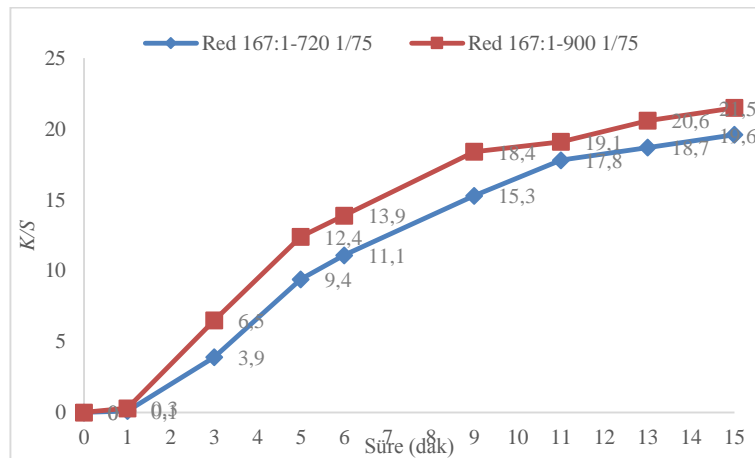
Farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB grafiklerinden görüldüğü gibi boyanmış liflere ait değerler farklı çıkmıştır. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler sonucunda farklı renk kuvveti, boya alımı değerleri ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri sergilemiştir. L^* - C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte bir miktar artış göstermiş fakat artan süre ve güç ile birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmüş yani renk koyulaşmıştır. Bu grafikteki eğri K/S - C^* grafiğindeki eğri ile ters yönde bir trend sergilemektedir. Tüm grafiklerde 900 watt güç ile 11 dakikalık boyama süresine ait veriler en yüksek değerlerdir. Fakat bu değerler (20.3, %boya alımı; 84.6) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (26.3, % boya alımı; %99.05) ulaşamamıştır. 1:50 flote oranında 11 dakikadan daha fazla boyama yapılamamaktadır çünkü 11.inci dakikadan sonra banyodaki flote tamamen tükenmektedir. Bu yüzden bu flote oranında daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu sebeple, daha yüksek renk

verimlerine ulaşabilmek için ve daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirebilmek için 1:75 flotte oranlarında da boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. 1:75 Flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.20’de verilmiştir.

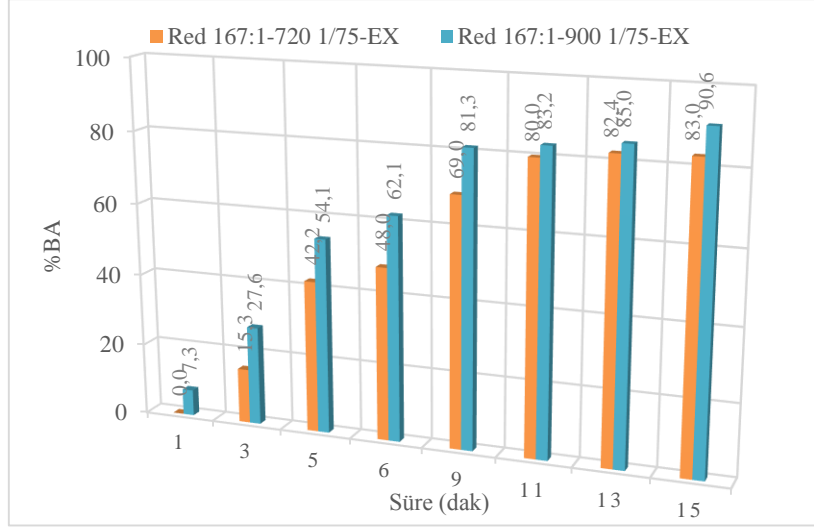
Tablo 5.20: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri				Güç (Watt) ve Renk Değerleri (K/S, %BA)			
Mikrodalga Boyama Şartları				720 Watt		900 Watt	
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	% BA	K/S	% BA
1:75	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	0.1	0.0	0.3	7.3
		3		3.9	15.3	6.5	27.6
		5		9.4	42.2	12.4	54.1
		6		11.1	48.0	13.9	62.1
		9		15.3	69.0	18.4	81.3
		11		17.8	80.0	19.1	83.2
		13		18.7	82.4	20.6	85.0
		15		19.6	83.0	21.5	90.6
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		0.1	42.0	0.2	44.7
		3		4.7	56.1	6.2	59.0
		5		9.1	65.4	11.0	69.0
		6		10.7	68.5	12.8	73.1
		9		14.4	74.3	17.5	78.0
		11		17.4	77.9	20.6	84.3
		13		20.3	84.1	23.6	90.7
15	21.7	85.8	23.9	92.7			

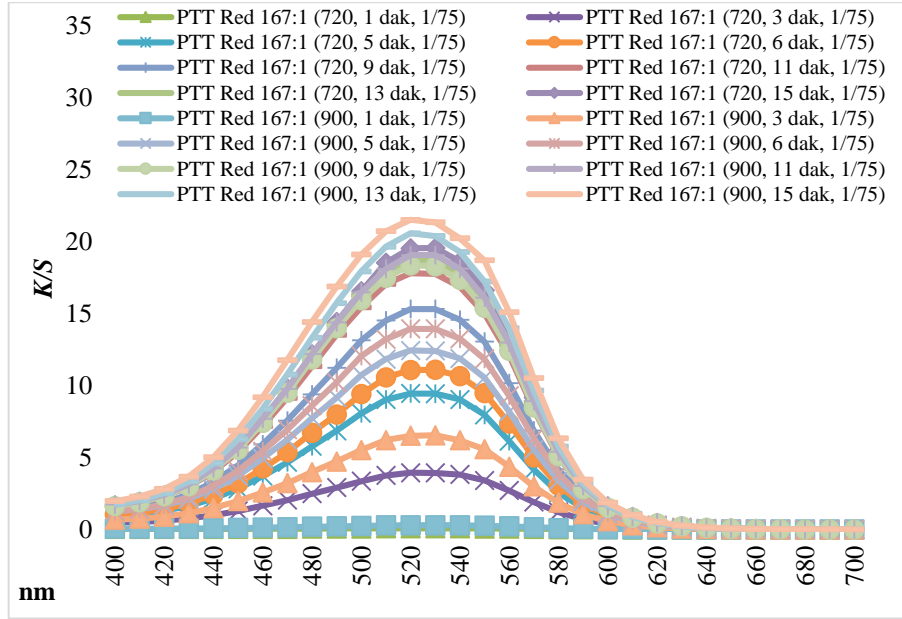
Tablo 5.20’den görüldüğü gibi her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi değerleri boyama süresi ve gücü arttıkça artmıştır. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları Şekil 5.47, Şekil 5.48, Şekil 5.49, Şekil 5.50, Şekil 5.51 ve Şekil 5.52’de verilmiştir.



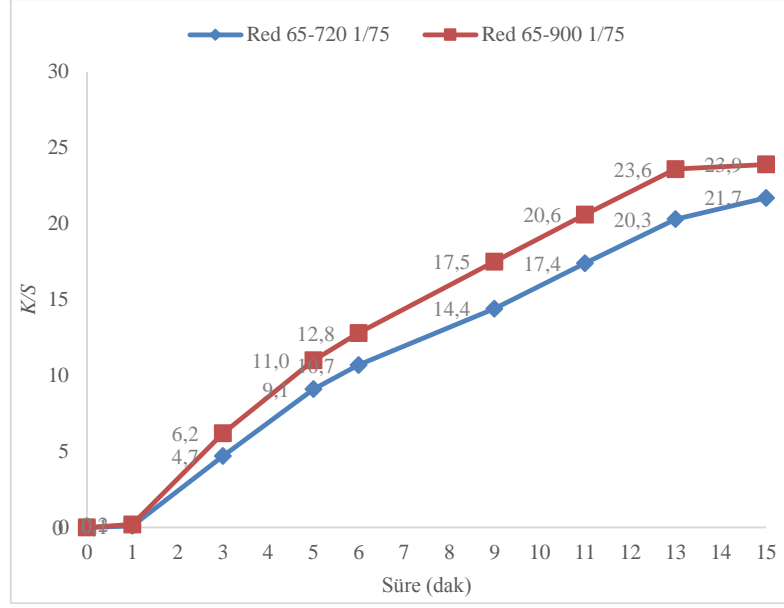
Şekil 5.47: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



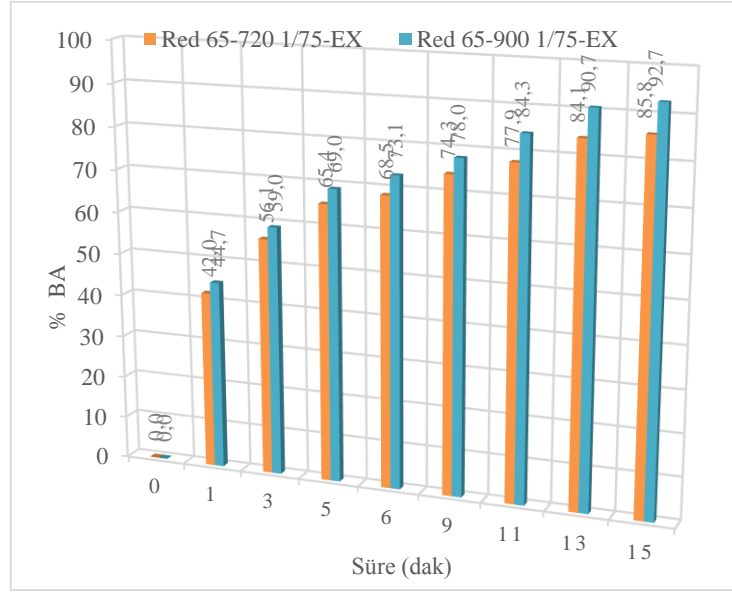
Şekil 5.48. Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



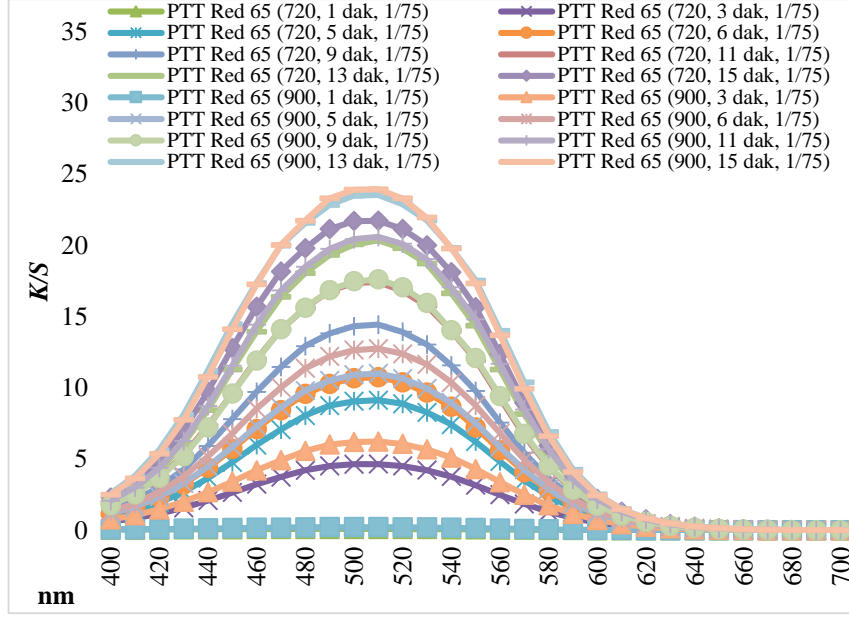
Şekil 5.49: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.50: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.51: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.52: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

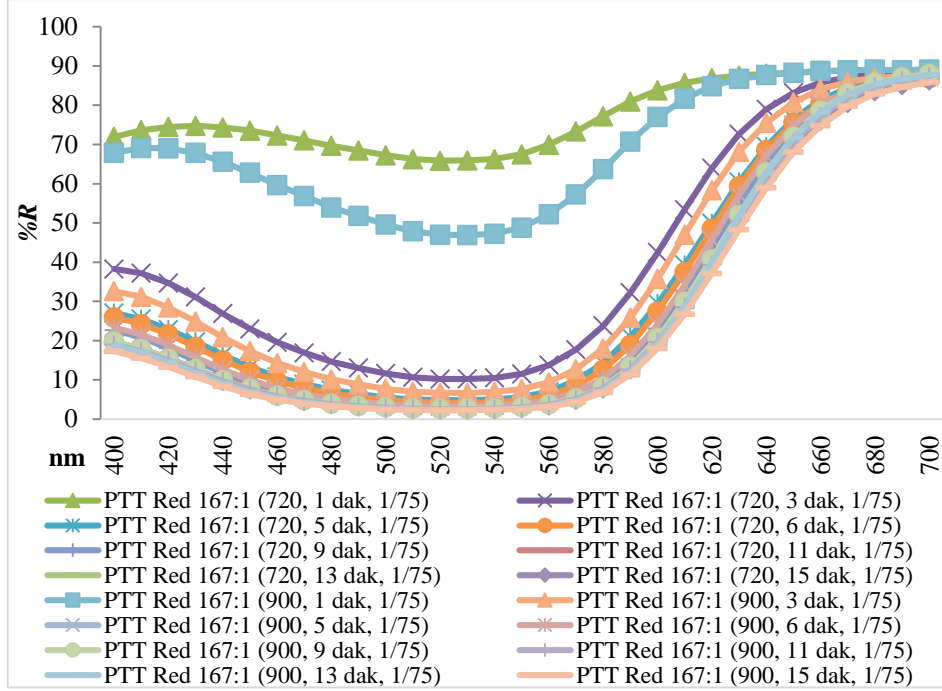
Boyanmış (C.I. Disperse Red 167:1 ile) PTT liflerinin renk verimi değerleri 0.1 ile 21.5 arasında, boya alımı değerleri de %0-90.6 aralığında değişmektedir. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek renk verimi değerine 900 watt'da 15 dakikalık boyamada ulaşılmıştır ve değer 21.5'dir. Boya alımı miktarı ise 90.6 olarak ölçülmüştür. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT kumaşların renk verimi değerleri 0.1 ile 23.6 arasında, boya alımı değerleri ise 42 ile 92.7 aralığındadır. En yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine 900 watt'da 15 dakikalık boyamada 23.6 (renk verimi) ve %92.7 (boya alımı) ile ulaşılmıştır. Her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi değerlerinden daha düşük değerler sergilemektedir. Boyamalara ait K/S -nm eğrileri incelendiğinde eğrilerin de artan süre ve güç ile birlikte artan bir trend gösterdiği gözlemlenmektedir. C.I. Disperse Red 167:1 ve C.I. Disperse Red 65 ile yapılmış boyamalara ait renk verimi-dalga boyu eğrileri (K/S -nm) incelendiğinde, eğrilerin artan süre ve güç ile birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Her iki boyarmadde ile de 1 dakikalık sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler grafiğin en altındaki eğriler olup nm eksenine neredeyse paralel çıkmıştır. Süre ve güç arttıkça eğrilerde değişmiş ve liflerin K/S değerleri artmıştır.

PTT liflerine renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.21'de verilmiştir.

Tablo 5.21: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri											
Boyama Şartları					Renk Özellikleri						
Flote Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	%BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
1:75	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	0.1	0.0	88.31	10.73	0.04	10.73	0.23
			3		3.9	15.3	54.75	49.77	-0.8	49.78	359
			5		9.4	42.2	45.33	53.9	2.7	53.97	2.86
			6		11.1	48.0	43.73	54.93	2.9	55.01	3.02
			9		15.3	69.0	40.43	55.43	4.95	55.65	5.11
			11		17.8	80.0	38.43	54.69	6.24	55.05	6.51
			13		18.7	82.4	38.28	55.37	7.1	55.82	7.31
			15		19.6	83.0	37.88	55.42	6.22	55.77	6.4
		900	1		0.3	7.3	80.88	22.46	-3.2	22.69	352
			3		6.5	27.6	49.62	53.59	0.94	53.6	1
			5		12.4	54.1	42.68	55.32	4.96	55.54	5.12
			6		13.9	62.1	41.42	55.61	4.68	55.81	4.81
			9		18.4	81.3	38.54	55.41	6.95	55.85	7.15
			11		19.1	83.2	37.86	54.96	6.66	55.37	6.9
			13		20.6	85.0	37.59	55.83	7.94	56.39	8.1
	15		21.5		90.6	36.43	54.61	8.14	55.21	8.48	
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	720	1		0.1	42.0	88.28	9.69	4.8	10.82	26.3
			3		4.7	56.1	52.37	44.7	11.7	46.21	14.7
			5		9.1	65.4	44.97	48.77	13.3	50.56	15.3
			6		10.7	68.5	42.81	48.05	13.9	50.01	16.1
			9		14.4	74.3	39.78	48.82	15.6	51.25	17.7
			11		17.4	77.9	37.75	49.04	16.7	51.81	18.8
			13		20.3	84.1	35.81	48.96	16.5	51.66	18.6
			15		21.7	85.8	34.86	48.54	17.6	51.65	20
		900	1		0.2	44.7	83.22	16.62	4.43	17.2	14.9
			3		6.2	59.0	48.67	46.13	11.7	47.6	14.3
			5		11.0	69.0	42.51	48.35	13.9	50.3	16
			6		12.8	73.1	40.78	48.5	14.3	50.57	16.4
			9		17.5	78.0	37.67	49.34	16.4	52	18.4
			11		20.6	84.3	35.25	48.45	16.2	51.09	18.5
			13		23.6	90.7	33.63	48.27	18.1	51.55	20.5
	15	23.9	92.7		33.78	48.34	17.8	51.51	20.2		

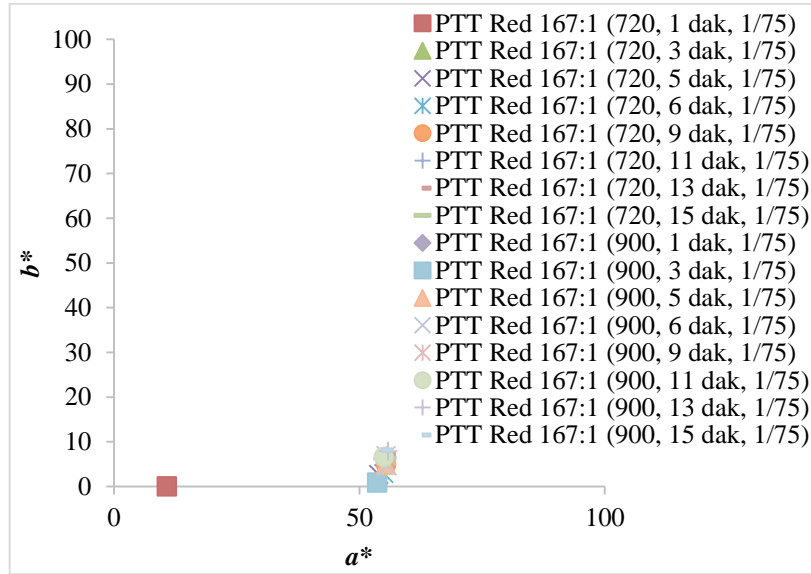
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilmiş CIE-LAB grafikleri Şekil 5.53, Şekil 5.54, Şekil 5.55 ve Şekil 5.56'da verilmiştir.



Şekil 5.53: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

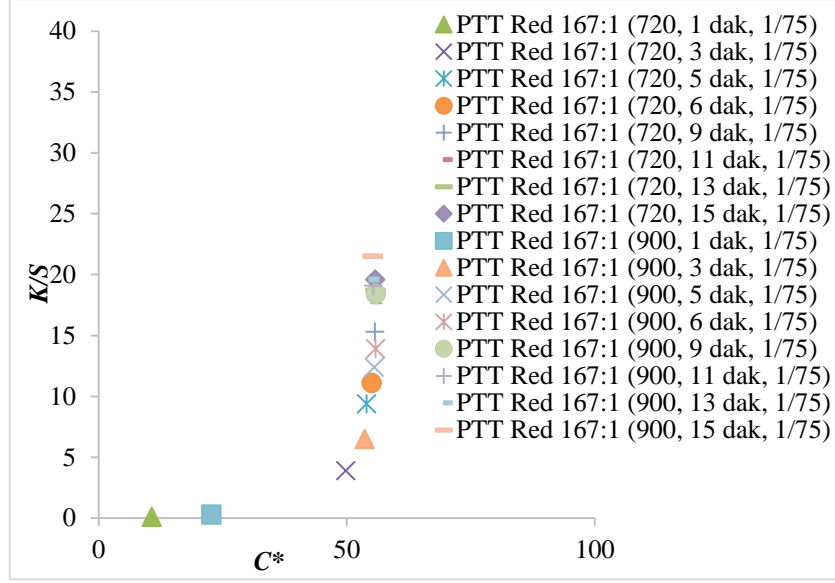
PTT liflerine ait %R-nm grafiği incelendiğinde farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler tıpkı K/S-nm ve K/S-süre grafiklerinde gözlemlenmiş sonuçlara paralel biçimde sonuçlar sergilemiştir. Her iki güç ile boyanmış liflere ait 1 dakikalık boyamaların reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklıdır ve beyaz rengin reflektans eğrisine yakındır. Bunun yanında diğer sürelerle ait reflektans eğrileri birbirine yakındır. Grafiğe göre bir dakikalık boyamalar dışında elde edilen boyamalar kırmızı tonlar sergilemektedir. Elde edilmiş grafikte 900 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin reflektans eğrisinin 720 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin eğrisine göre farklı olduğu da gözlemlenmektedir. Bir dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri, beyaz renge ait reflektans eğrilerine yaklaşmaktadır. Bu durum diğer grafikler incelendiğinde de açıkça görülmektedir. %R-nm grafiği incelendiğinde boyama şartları arasından en üstün olanının 900 watt'da 15 dakikalık boyama olduğu gözlemlenmektedir. Fakat bu şartta elde edilen renk değerleri (K/S; 21.5 ve

% BA; 90.6) konvensiyonel boyamalarda elde edilen *K/S* (23.0 % boya alımı; 97.15) ulaşamamaktadır fakat yaklaşmaktadır.



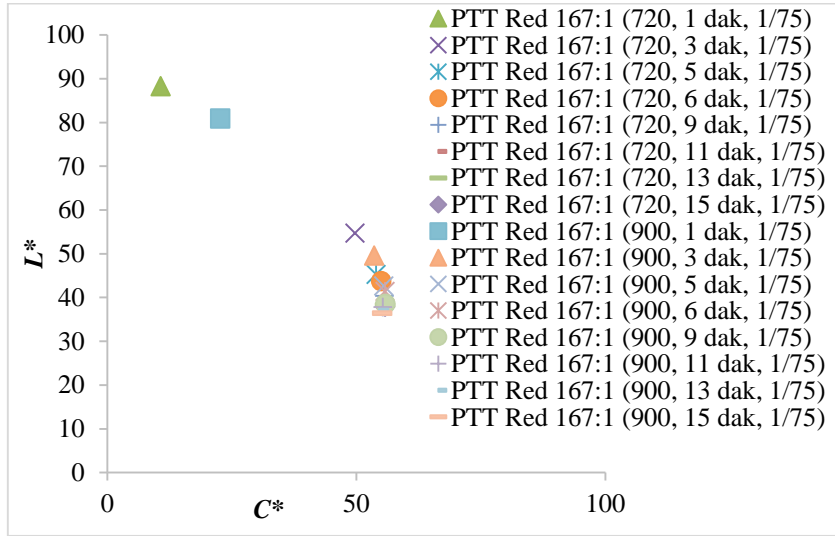
Şekil 5.54: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin boyanmasından elde edilen a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri ve h^o değerinin 90^o den (1 dakikalık boyamalar hariç) küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemiştir. Bu durumda elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu, liflere ait %*R-nm* grafiğindeki reflektans eğrilerinden elde edilen sonuçlarıyla örtüşen bir biçimde gözlemlenmektedir. Grafiğe göre 1 dakikalık boyamalara (her iki güç için) ait kırmızılık ve sarılık değerleri diğer boyama şartlarında boyanmış liflerden oldukça azdır.



Şekil 5.55: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

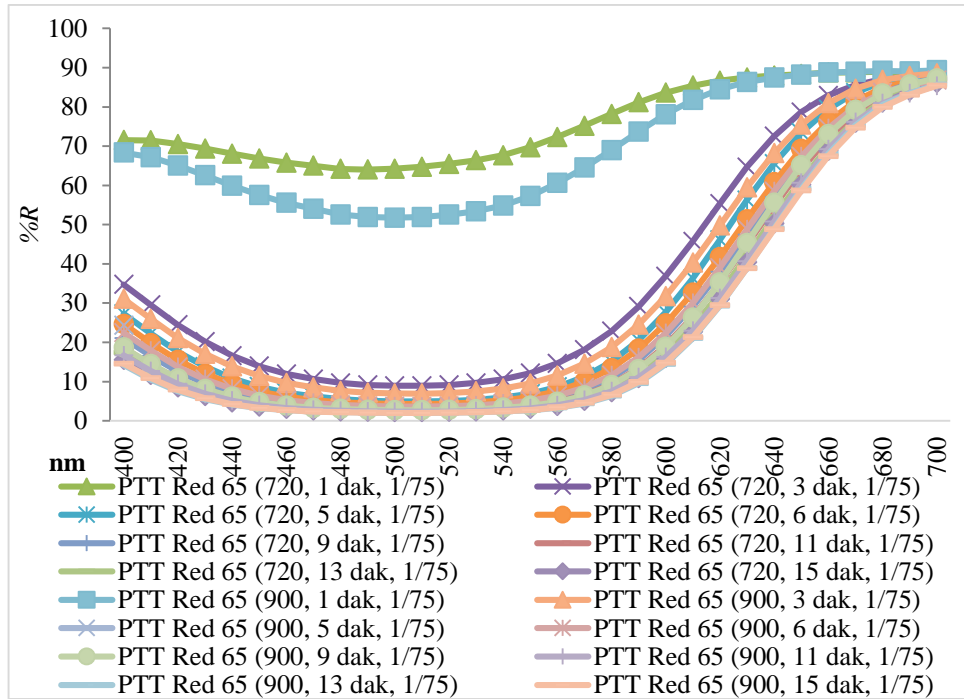
Şekil 5.55'deki veriler PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve güç ile birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalarda, en yüksek değerlerde 900 watt 15 dakikalık boyamada elde edilmiştir. Bu durum Şekil 5.56'deki L^*-C^* grafiğindeki eğri ile ters yönde bir trend izler. Bu grafikten de görülmektedir ki süre ve güç arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır



Şekil 5.56: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Tüm şekillerden görüldüğü gibi CIE-LAB değerleri farklı çıkmıştır. Değerler arasındaki en belirgin farklılık 1 dakikada gerçekleştirilmiş boyamalara aittir. Diğer boyama şartları arasından en yüksek değerler 900 watt güç ile 15 dakikada gerçekleştirilmiş boyamaya aittir. Fakat bu renk değerleri (K/S ; 21.5 ve % BA ; 90.6) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi (23.0 % boya alımı; 97.15) ve boya alımı değerlerine ulaşamamaktadır fakat yaklaşmaktadır.

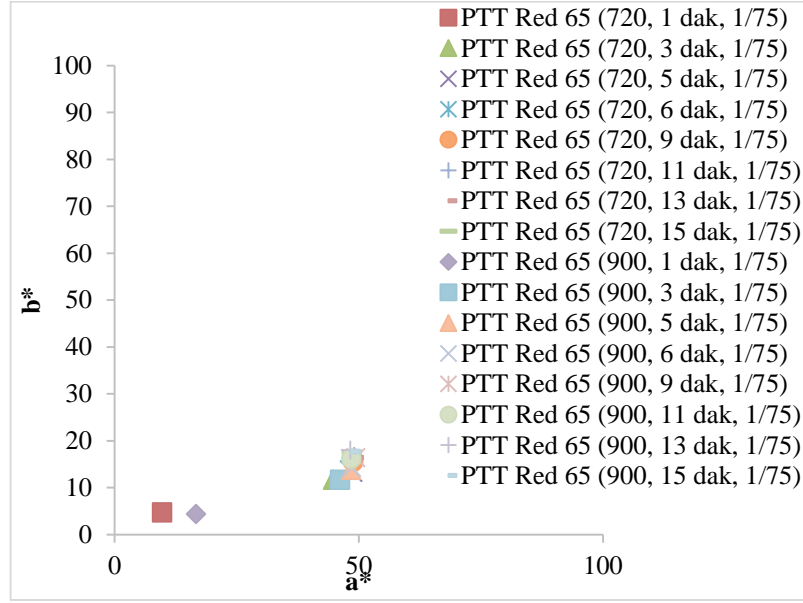
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.57, Şekil 5.58, Şekil 5.59 ve Şekil 5.60'da verilmiştir.



Şekil 5.57: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

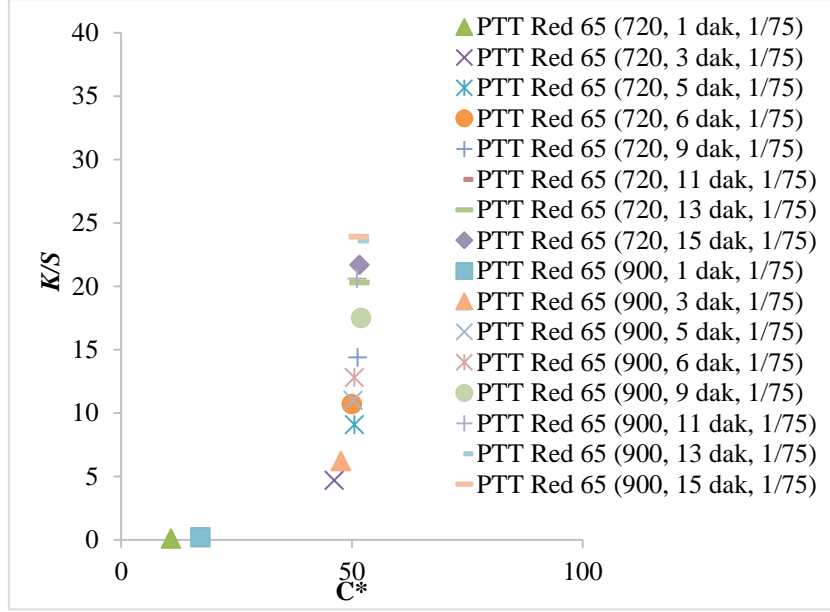
PTT liflerine ait %R-nm grafiği incelendiğinde farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler farklılıklar göstermektedir. Her iki güç ile 1 dakika boyanmış liflere ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklıdır (*üsttedir*) ve diğer sürelerle ait reflektans eğrileri birbirine daha yakındır. Grafiğe göre 1 dakikalık boyamalar dışında elde edilen boyamalar kırmızı tonlar sergilemektedir. Elde edilmiş grafikte 900 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin reflektans eğrisinin 720 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin eğrisine göre de farklı olduğu gözlemlenmektedir. Bir dakikalık boyamalara

ait reflektans eğrileri, beyaz renge ait reflektans eğrilerine yaklaşmaktadır. Bu durum diğer grafiklerden de açıkça görülmektedir. $\%R-nm$ grafiği incelendiğinde boyama şartları arasından en üstün olanının 900 watt'da 15 dakikalık boyama olduğu gözlemlenmektedir. Fakat bu şartta bile elde edilen renk değerleri (K/S ; 23.9 ve $\% BA$; 92.7) konvansiyonel boyamalarda elde edilen K/S (26.3, $\% boya alımı$; $\%99.05$) ulaşamamaktadır fakat yaklaşmaktadır..



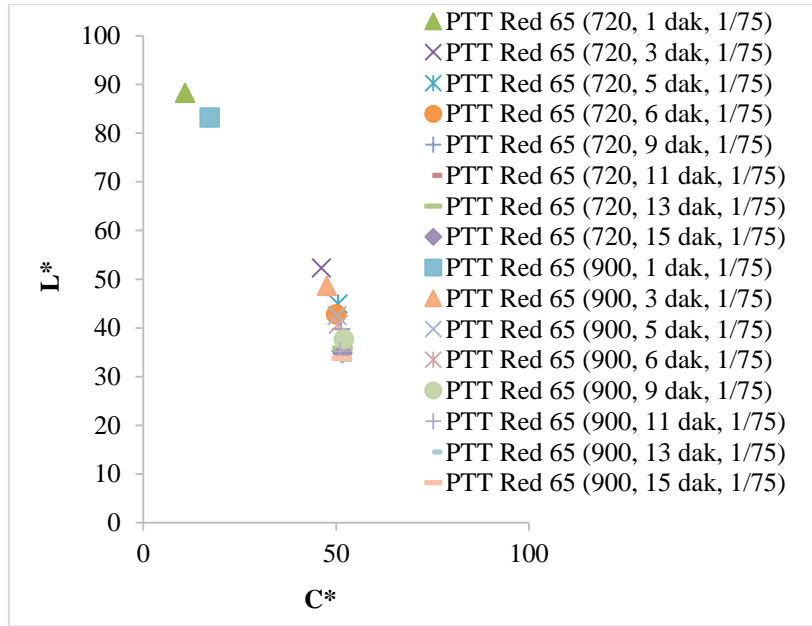
Şekil 5.58: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Kumaşların a^*-b^* grafikleri incelendiğinde her iki güçte 1 dakikalık boyamaların diğer boyama sürelerinde gerçekleştirilmiş boyamalara göre kırmızılık ve sarılık değerlerinin çok daha az olduğu gözlemlenmektedir. Bunun yanında her iki güçte de diğer sürelerde gerçekleştirilen boyamaların benzer a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri sergiledikleri görülmektedir. Bunun yanında bu boyamalara ait h° değerlerinin 90° 'den düşük olması bu boyamaların kırmızı renk tonlarında olduğu bilgisinin desteklemektedir.



Şekil 5.59: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Renk verimi (K/S)- kroma (C^*) grafiğe göre, artan süre ve güç ile birlikte liflerin kroma (C^*) ve renk verimi (K/S) değerleri de artmaktadır. Aynı zamanda kroma değerleri, aynı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalar arasında güç miktarı arttıkça da artmaktadır. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalara aittir, en yüksek değerlere de 900 watt'da 15 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



Şekil 5.60: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Tüm grafiklerinden görüldüğü gibi boyanmış liflere ait değerler farklıdır. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler sonucunda farklı renk kuvveti, boya alımı değerleri ve kolorimetrik renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) sergilemiştir. L^* - C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte artış göstermektedir. Bununla birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir. Bu durum rengin koyulaştığını göstermektedir. Tüm grafikler 900 watt güç ile 15 dakikalık boyama süresine ait verilerin en yüksek değerler olduğunu göstermektedir. Fakat bu değerler (K/S ; 23.9 ve % BA ; 92.7) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (26.3, % *boya alımı*; %99.05) değerlere ulaşmamaktadır. Fakat 1:75 flotte oranında, 900 watta ve 15 dakikada gerçekleştirilen boyamalara ait değerler konvensiyonel boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerine oldukça yaklaşmıştır. Konvensiyonel boyama şartlarının ($100^\circ C$ -30 dakika) süresi düşünüldüğünde (*bu boyama şartlarının maksimum boyama sıcaklığındaki boyama süresi 30 dakika olmasına rağmen toplam boyama süresi yaklaşık olarak 120 dakikadır*) mikrodalga enerjisi ile 15 dakika gibi kısa bir sürede bu renk verimi değerlerine yakın değerlere ulaşılması süre ve enerji bakımından oldukça tasarruf sağlayabilecektir. Fakat süre bakımından böyle bir avantaja sahip olmasına rağmen 900 watt 15 dakikalık boyamanın flotte oranı 1:75'dir. Bu flotte oranı daha fazla kimyasal ve su kullanımına neden olarak çevre ve maliyet açısından olumsuz etkiler doğurabilir.

PTT liflerine 1:30, 1:50 ve 1:75 flotte oranlarında gerçekleştirilen boyamaların renk değerlerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 5.22).

Tablo 5.22: Mikrodalga yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri										
PTT Lifi		Mikrodalga Enerjisiyle Boyamaya Ait Renk Verimi (K/S) Değerleri						Konvansiyonel Boyamaya Ait Renk Verimi (K/S) Değerleri		
Boyama Şartları			Flotte Oranı							
Boyarımadde	Boyama Süresi (dak)	pH	1:30		1:50		1:75		1:30	
			Güç (Watt)		Güç (Watt)		Güç (Watt)		Sıcaklık (°C), Süre (dak)	
			720	900	720	900	720	900	100°C, 30 dak	
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyüklük)	1	5	3,3	3,7	0,8	1,3	0,1	0,3	23,0	
	3		9,4	10,7	6,6	8,9	3,9	6,5		
	5		14,2	16,0	11,2	14,1	9,4	12,4		
	6		16,3	18,1	13,2	15,4	11,1	13,9		
	9		-	-	16,4	19,0	15,3	18,4		
	11		-	-	17,5	20,6	17,8	19,1		
	13		-	-	-	-	18,7	20,6		
	15		-	-	-	-	19,6	21,5		
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		2,4	3,5	0,6	0,7	0,1	0,2		26,3
	3		9,5	10,7	6,0	7,4	4,7	6,2		
	5		13,7	16,1	10,8	13,0	9,1	11,0		
	6		16,1	18,1	12,9	14,7	10,7	12,8		
	9		-	-	16,4	17,8	14,4	17,5		
	11		-	-	18,4	20,3	17,4	20,6		
	13		-	-	-	-	20,3	23,6		
	15	-	-	-	-	21,7	23,9			

Tablo 5.22'den gözlemlendiği gibi mikrodalga enerjisi kullanılarak boyanmış kumaşların renk verimi değerleri konvansiyonel boyama ile elde edilen renk verimi değerlerine ulaşamamıştır fakat değerler oldukça yaklaşmıştır. Konvansiyonel boyama şartlarının (100°C-30 dakika) maksimum boyama sıcaklığındaki boyama süresi 30 dakika olmasına rağmen toplam boyama süresi yaklaşık olarak 120 dakikadır. Mikrodalga enerjisi ile yapılan mikrodalga boyama işleminin toplam boyama süresi en fazla 15 dakikadır. 15 dakika gibi kısa bir sürede mikrodalga enerjisi ile elde edilen renk veriminin konvansiyonel boyama yöntemiyle ulaşılan değerlere çok yakın olması mikrodalga boyama yönteminin süre ve enerji bakımından terbiye dairelerine önemli faydalar sağlayabileceği aşikardır. Fakat süre bakımından böyle bir avantaja sahip olmasına rağmen 900 watt 15 dakikalık boyamanın flotte oranı 1:75'dir. Bu flotte oranı kullanıldığında boyamayı gerçekleştirmek için daha fazla kimyasal ve su kullanılacak, bu da çevresel açıdan ve maliyet açısından sorunlar doğurabilecektir.

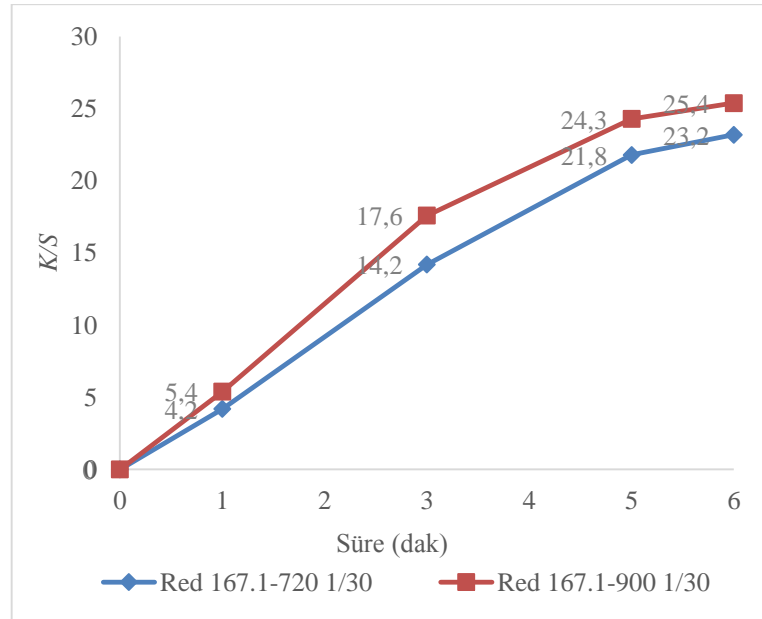
5.2.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri

1:30 Flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.23'de verilmiştir.

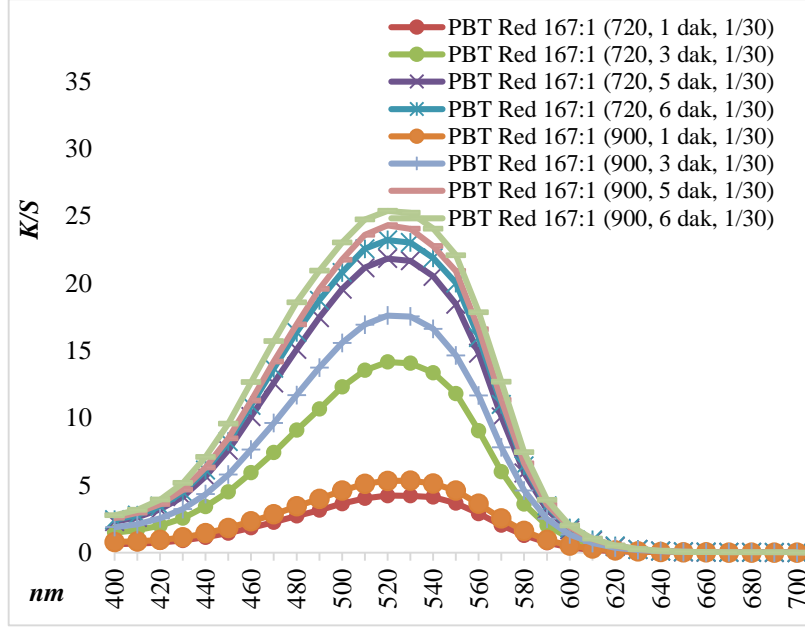
Tablo 5.23: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Renk Özellikleri					
Mikrodalga Boyama Şartları				Renk Verimi (K/S)	
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Mikrodalga Gücü	
				720 Watt	900 Watt
1:30	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	4,2	5,4
		3		14,2	17,6
		5		21,8	24,3
		6		23,2	25,4
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		3,1	4,4
		3		13,2	17,8
		5		20,1	22,9
		6		23,9	25,8

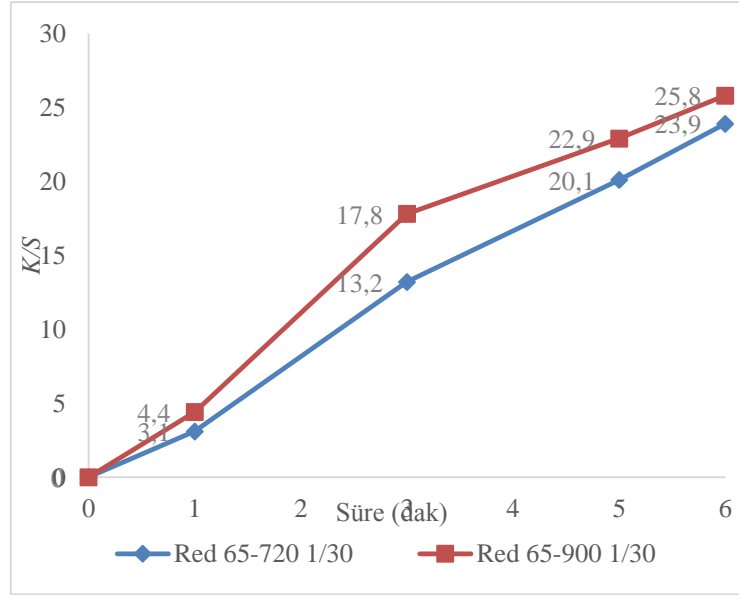
Tablo 5.23'de verildiği gibi her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi değerleri boyama süresi ve gücü (*mikrodalga enerjisi*) arttıkça artmaktadır. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları Şekil 5.61, Şekil 5.62, Şekil 5.63 ve Şekil 5.64'te verilmiştir.



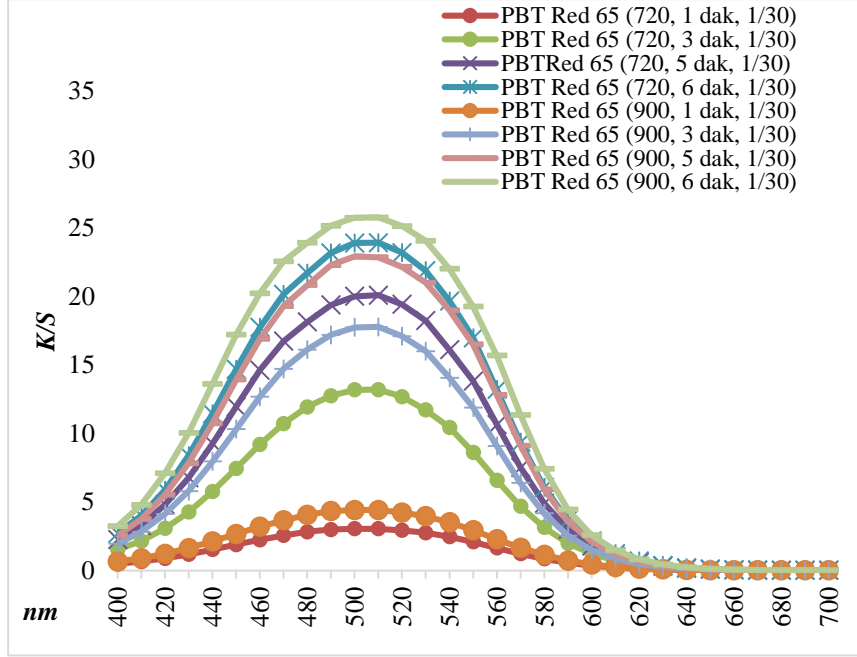
Şekil 5.61: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.62: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.63: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.64: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

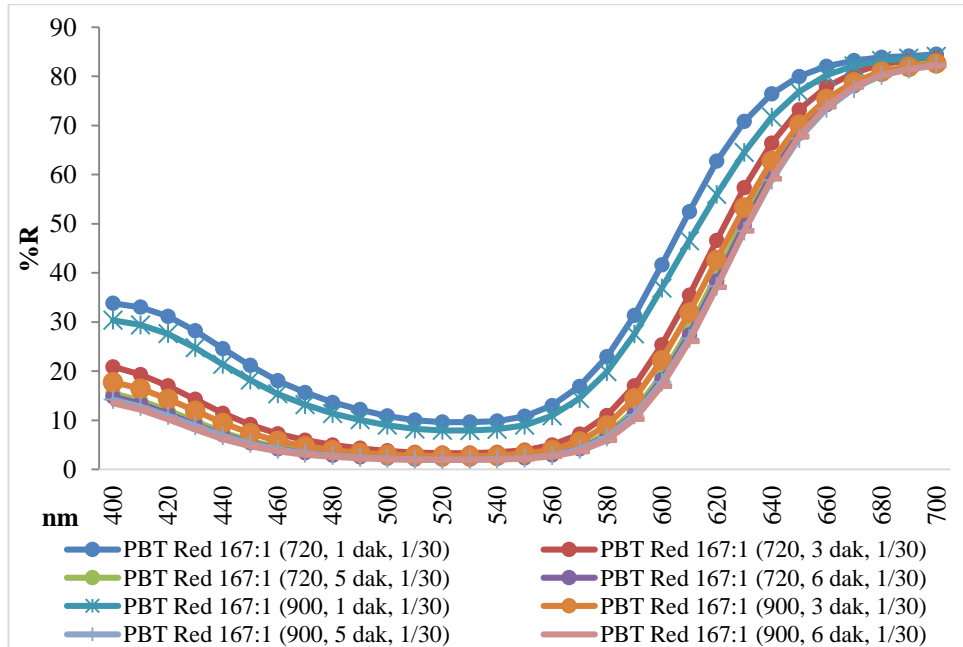
C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT lifli kumaşların renk verimi değerleri 4.2 ile 25.4 arasında değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış kumaşlarında renk verimi değerleri ise 3.1 ile 25.8 aralığındadır. Boyamalar uygulanan güç bakımından değerlendirildiğinde, 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi değerlerinden daha düşüktür. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinden en yüksek renk verimi değerine 900 watt'da 6 dakikalık boyamada 25.4 ile ulaşılmıştır. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış kumaşlar için en yüksek renk verimi değerlerine yine 900 watt'da 6 dakikada 25.8 ile ulaşılmıştır. PBT liflerinin boyanmasına ait elde edilen K/S -nm eğrileri incelendiğinde, renk verimi (K/S) - süre grafiklerine benzer bir artış gözlemlenmiştir. K/S -nm grafiklerine göre boyamanın süresi ve gücü arttırıldıkça eğrilerde değişmektedir.

PBT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.24'de verilmiştir.

Tablo 5.24. Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması

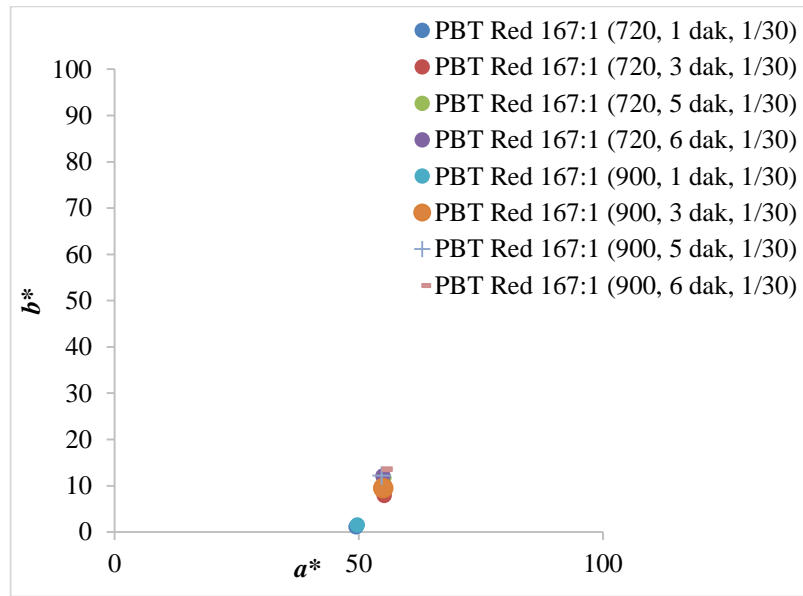
Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Renk Özellikleri										
Boyama Şartları					Renk Özellikleri					
Flotte Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	L*	a*	b*	C*	h°
1:30	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	4,2	53,8	49,45	1,12	49,46	1,3
			3		14,2	41,69	55,17	7,89	55,73	8,14
			5		21,8	37,05	55,12	11,7	56,35	12
			6		23,2	36,3	54,93	12,1	56,25	12,5
			1		5,4	50,74	49,67	1,56	49,69	1,8
			3		17,6	39,24	55	9,49	55,82	9,79
		5	24,3		35,84	54,66	12,2	56,01	12,6	
		6	25,4		35,3	54,84	13,6	56,49	13,9	
		900	1		3,1	57,16	40,44	11,6	42,06	15,9
	3	13,2	41,28		48,73	17,5	51,78	19,8		
	5	20,1	36,97		50,06	20,2	53,97	21,9		
	6	23,9	34,92		49,89	20,8	54,06	22,7		
	1	4,4	53,63		44,49	14,1	46,66	17,6		
	3	17,8	38,73		50,63	20,1	54,46	21,6		
	5	22,9	35,33		50,19	20,4	54,17	22,1		
	6	25,8	33,25		49,05	21,1	53,39	23,3		

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIELAB grafikleri Şekil 5.65, Şekil 5.66, Şekil 5.67 ve Şekil 5.68'de verilmiştir.



Şekil 5.65: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

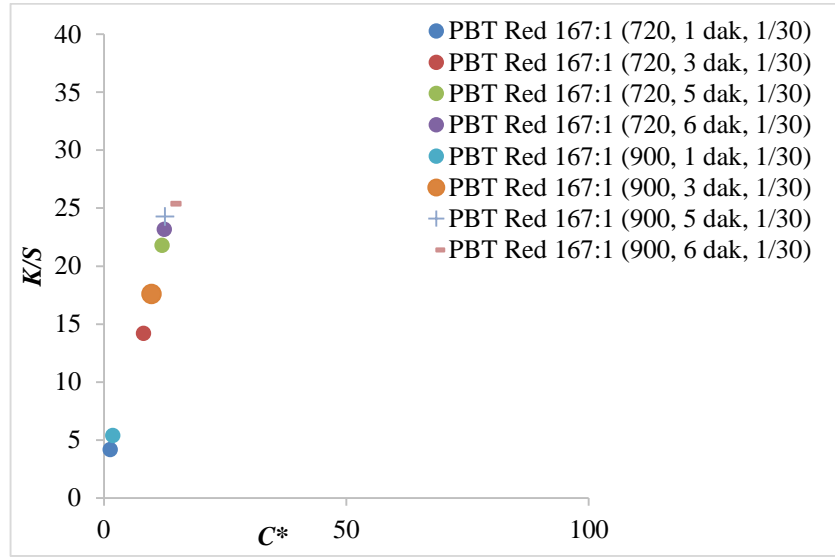
$\%R-nm$ grafiğinden görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler farklı çıkmaktadır. Bu grafikte elde edilen eğrilere ait sonuçlar $K/S-nm$ ve $K/S-süre$ grafiklerinden daha önce gözlemlenen değerlere paralel çıkmaktadır. Bu grafikte 1 dakikada gerçekleştirilmiş boyamalara ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilere farklı çıkmıştır. Fakat diğer sürelerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri birbirine yakındır. Bu durumda 1 dakikalık boyamalar dışındaki boyamaların renk tonlarının birbirine yakın kırmızı tonlarında olduğunu göstermektedir. 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de kırmızı rengi göstermektedir fakat, diğer grafiklerde incelendiğinde liflerin diğer boyamalardan daha açık kırmızı tonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu bilgi boyamalara ait L^*-C^* grafikleri ve h^o açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen K/S değeri (25.4) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (31.2) değerine ulaşamamıştır.



Şekil 5.66. Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

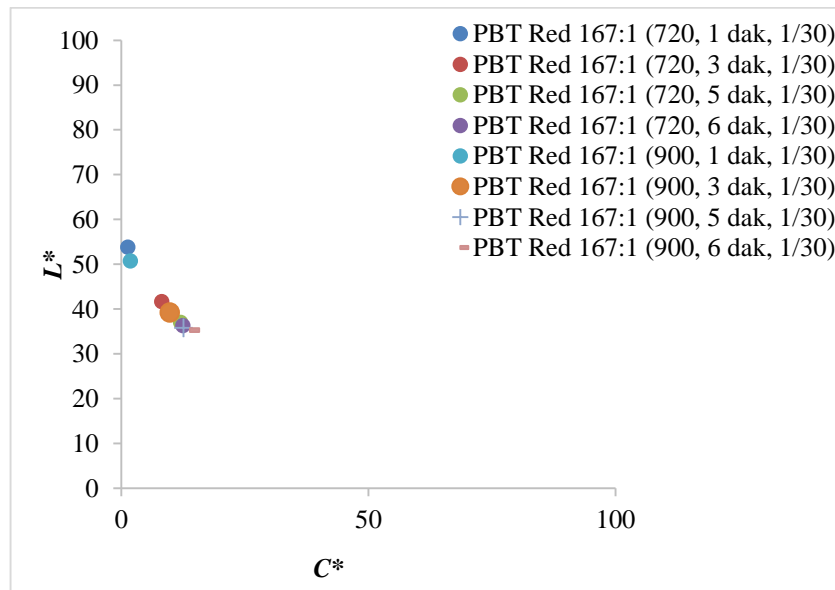
Kumaşların $a^*(kırmızılık)-b^*(sarılık)$ grafiklerine bakıldığında her iki güç içinde 1 dakikalık boyamalar dışında diğer sürelerde gerçekleştirilen boyamaların $a^*(kırmızılık)$ ve $b^*(sarılık)$ değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bütün boyamalara ait $a^*(kırmızılık)$ ve $b^*(sarılık)$ değerleri ve h^o değerinin de 90^o 'den küçük olması, liflerin kırmızı tonlarında olduğunu göstermektedir.

1 dakikalık boyamaların kırmızılık ve sarılık değerleri düşüktür yani bu lifler daha açık kırmızı tonlarına sahiptir.



Şekil 5.67: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-C* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

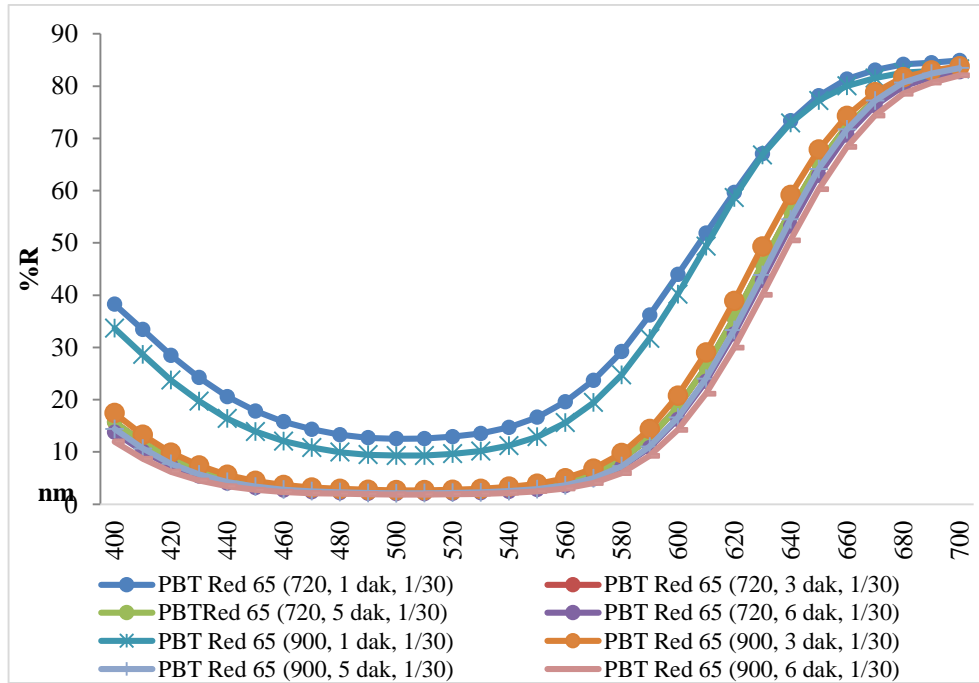
Şekil 5.67'e göre, artan süre ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerleri artmaktadır. Kroma değerleri, aynı sürelerde gerçekleştirilen boyamalarda güç miktarı arttıkça da artmıştır. Bu grafikte yer alan en yüksek değer 900 watt'da 6 dakikalık boyamaya aittir.



Şekil 5.68: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L*-C* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

L^*C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte artmıştır. Liflere ait L^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte düşmüş ve renk koyulaşmıştır. Bu durum $K/S-C^*$ grafiğine ters yönde bir eğim izlemektedir. Bu grafiğe göre de en koyu boyama 900 watt'da 6 dakikalık boyama olarak gözlemlenmiştir. Fakat bu boyama şartlarında elde edilen K/S değeri (25.4) konvansiyonel boyamalarda elde edilen K/S (31.2) değerine ulaşamamıştır.

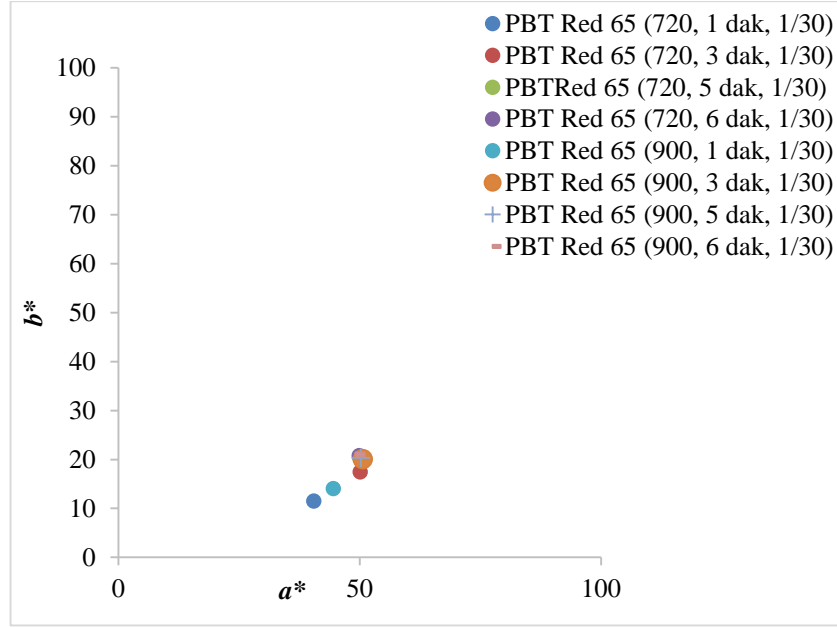
PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.69, Şekil 5.70, Şekil 5.71 ve Şekil 5.72'de verilmiştir.



Şekil 5.69: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

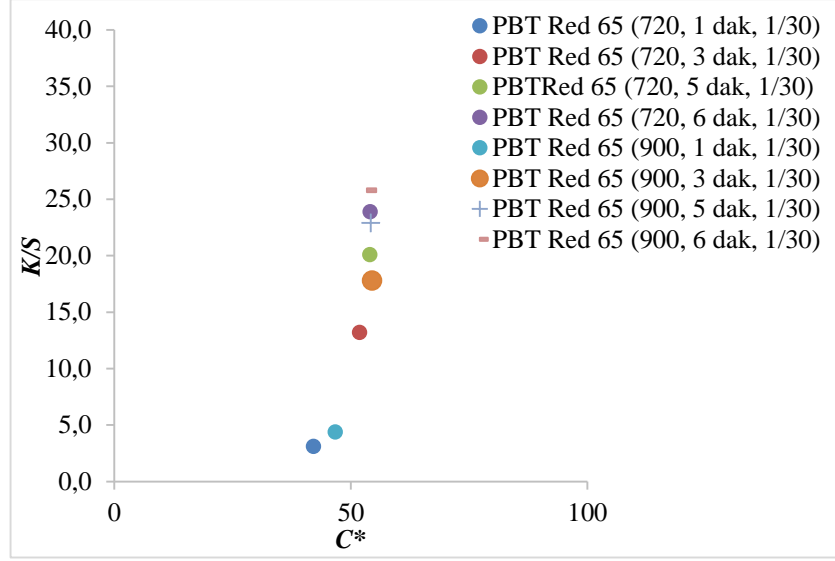
Şekil 5.69, $\%R-nm$ grafiğinden görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait reflektans eğrileri farklı çıkmaktadır. Bu grafiğe göre 1 dakikalık gerçekleştirilmiş boyamalara ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğilerden farklıdır ve diğer sürelerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri birbirine yakındır. Bu durumda 1 dakikalık boyamalar dışındaki boyamaların renk tonları birbirine yakın kırmızı tonlarına sahiptir. 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri de kırmızı rengi göstermektedir fakat, diğer CIE-LAB grafikleri incelendiğinde bu şartlarda

boyanmış liflerin diğer boyamalardan daha açık kırmızı tonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu bilgi boyamalara ait diğer grafikler incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen renk verimi (K/S) değeri (25.8) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (32.4) değerine ulaşamamıştır.



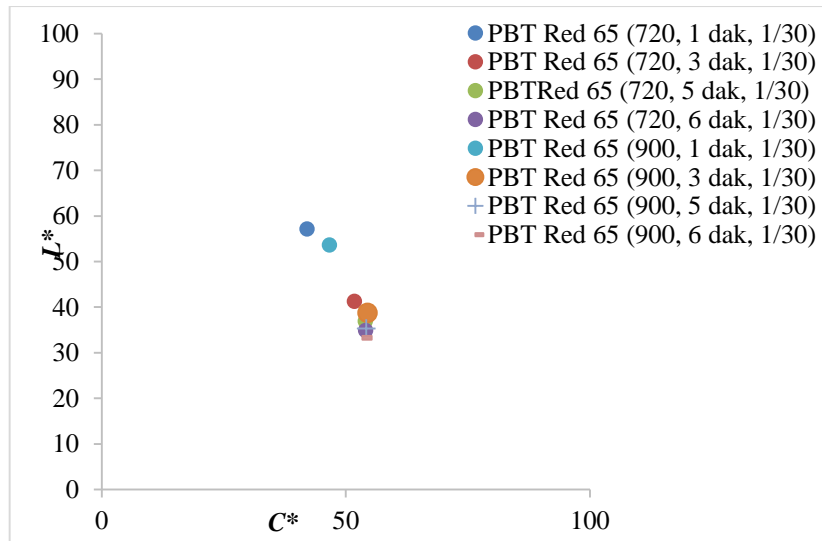
Şekil 5.70: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT liflerine ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) grafiğine göre, 1 dakikalık boyamalar dışında diğer boyama sürelerine ait değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Liflerin a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Grafiğe göre sadece 1 dakikalık boyamaların kırmızı tonlarının biraz daha açık olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 5.71: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.71'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve güç ile birlikte kroma (C^*) değerlerinin de arttığı gözlemlenmektedir. Bu grafik en üstün boyama şartı olarak 900 watt'da 6 dakikalık boyamayı göstermektedir. Bu durum Şekil 5.72'deki L^*-C^* grafiğindeki veriler ile ters yönde bir trend izlemektedir. Bu grafikte de görülmektedir ki süre ve güç arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşer, bu da liflerinin renginin koyulaştığını göstermektedir. PBT liflerinin L^*-C^* değerleri 1 dakikalık boyamalar dışında birbirine benzer değerler sergilemektedir.



Şekil 5.72: Mikrodalga yöntemiyle 1:30 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

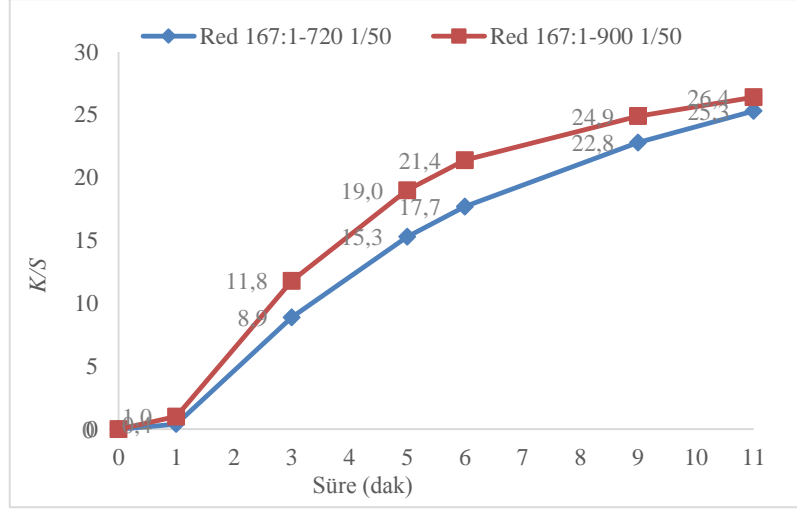
1:30 flotte oranında PBT liflerinin boyanması sonucunda elde edilen renk verimi (*K/S*) değeri (25.8), konvansiyonel boyamalarda elde edilen *K/S* (32.4) değerine ulaşamamış. 1:30 flotte oranında 6 dakikadan daha fazla yapılan boyama işlemlerinde 6.ıncı dakikadan sonra banyodaki flotte tamamen tükenmekte ve kumaş yanmaktadır. Bu yüzden bu flotte oranında daha uzun süreli bir boyama işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu sebeple, daha yüksek renk verimlerine ulaşabilmek ve daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirebilmek için 1:50 ve 1:75 flotte oranlarında da boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

1:50 Flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.25'te verilmiştir.

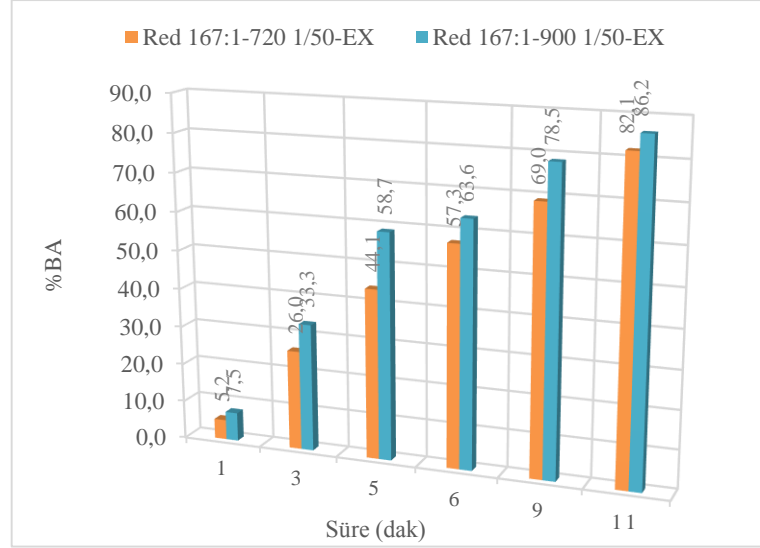
Tablo 5.25: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

MikrodalgaYöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri							
Mikrodalga Boyama Şartları				Güç (<i>Watt</i>) ve Renk Değerleri (<i>K/S</i> - <i>%BA</i>)			
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	720 Watt		900 Watt	
				<i>K/S</i>	<i>% BA</i>	<i>K/S</i>	<i>% BA</i>
1:50	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	0.4	5.2	1.0	7.5
		3		8.9	26.0	11.8	33.3
		5		15.3	44.1	19.0	58.7
		6		17.7	57.3	21.4	63.6
		9		22.8	69.0	24.9	78.5
		11		25.3	80.2	26.4	86.2
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		0.5	52.9	1.4	54.3
		3		9.8	60.5	11.5	63.0
		5		16.1	72.0	19.8	74.0
		6		19.4	74.2	22.1	77.9
		9		23.9	81.4	26.4	82.8
		11		26.5	82.0	28.4	85.9

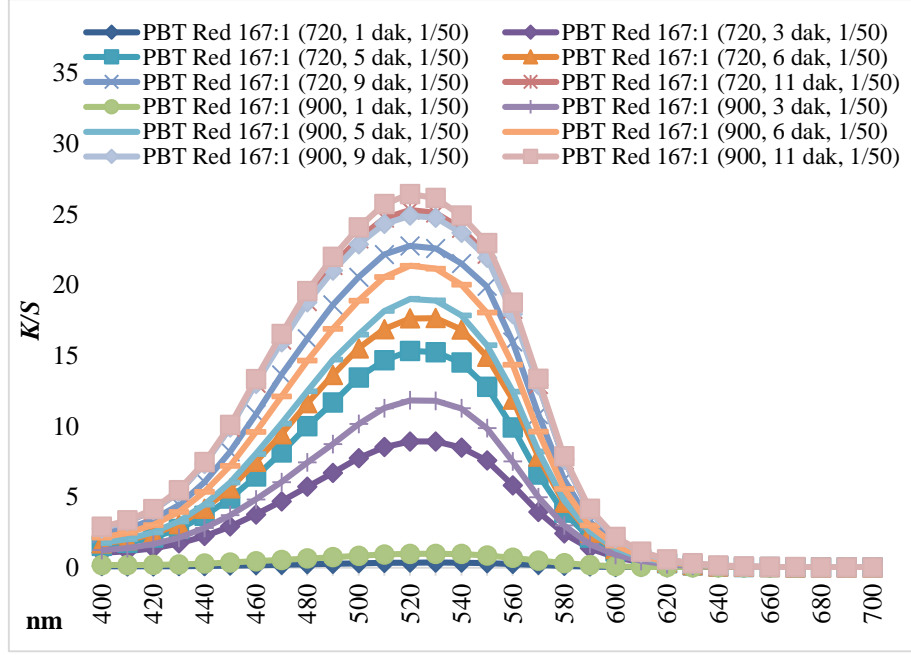
Tablo 5.25'den görüldüğü gibi her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi ve boya alımı değerleri boyama süresi ve gücü arttıkça artmıştır. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları Şekil 5.73, Şekil 5.74, Şekil 5.75, Şekil 5.76, Şekil 5.77 ve Şekil 5.78'de verilmiştir.



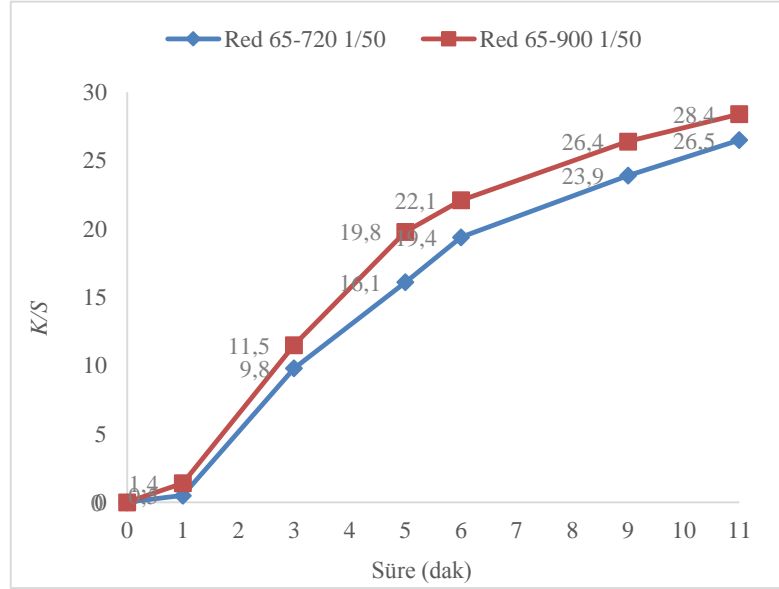
Şekil 5.73: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



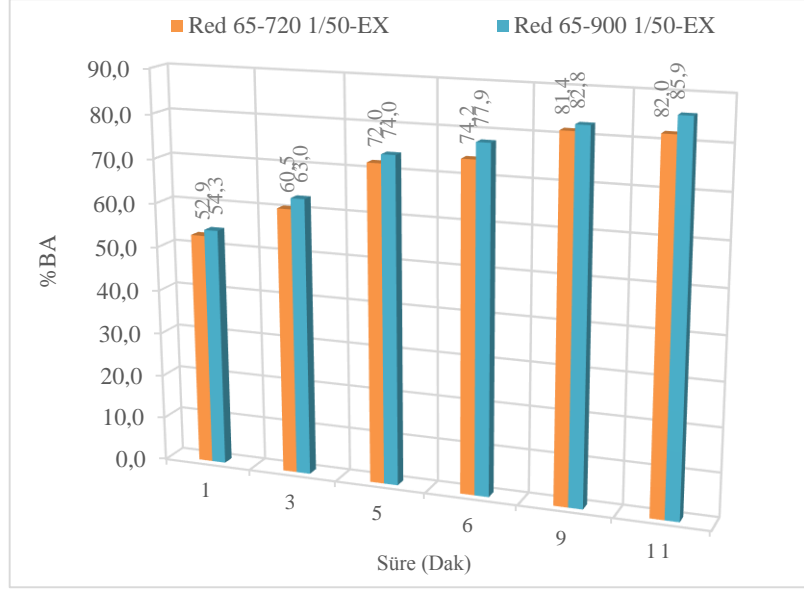
Şekil 5.74: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



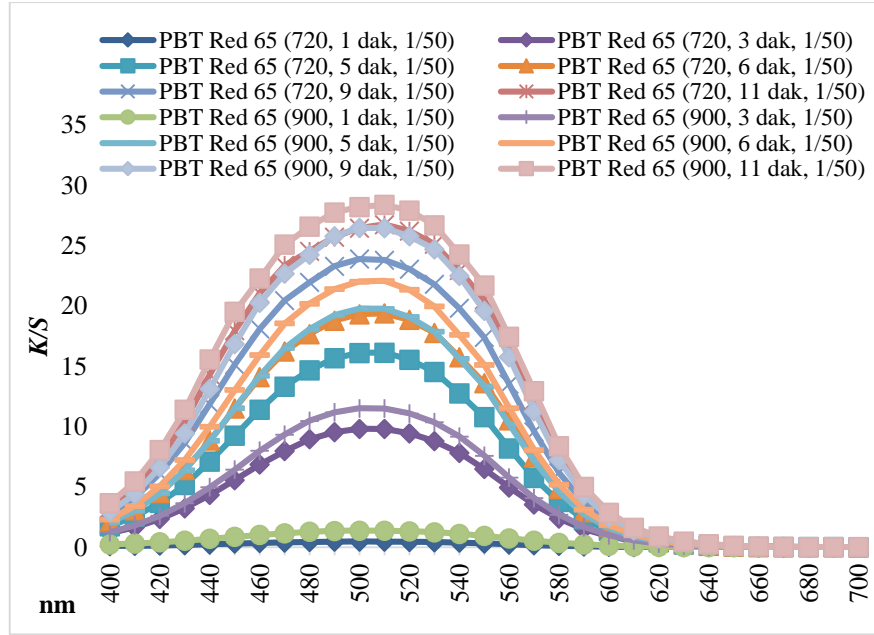
Şekil 5.75: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.76: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.77: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.78: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT lifli kumaşların renk verimi değerleri 0.4 ile 26.4 arasında değişmektedir. Yine boya alımı değerleri %5.2-86.2 aralığında değişmektedir. Tüm boyamalar için, 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi-boya alımı değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi ve boya alımı değerlerinden daha düşük çıkmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek

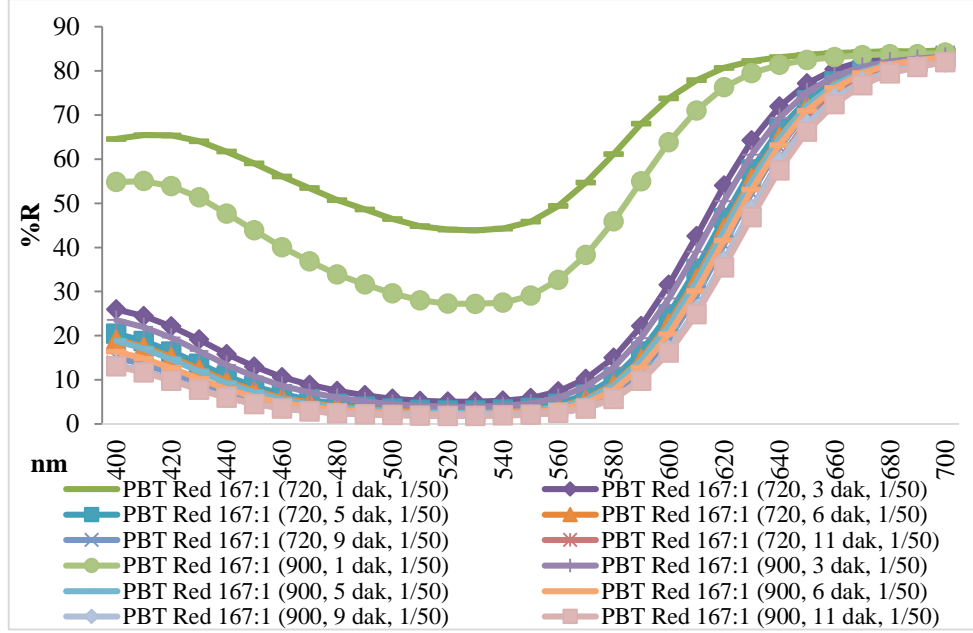
renk verimi değeri 900 watt'da 11 dakikalık boyamaya aittir ve 26.4'dür. Boya alımı miktarı ise %86.2 olarak ölçülmüştür. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT kumaşların renk verimi değerleri 0.5 ile 28.4 arasında, boya alımı değerleri ise 52.9 ile 85.9 aralığında değişmektedir ve en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine 900 watt'da 11 dakikalık boyama ile ulaşılmıştır (*renk verimi, 28.4 ve boya alımı %85.9*). Her iki boyarmadde ve güç ile gerçekleştirilmiş 1 dakikalık boyamalara ait *K/S-nm* eğrileri en alttaki eğriler olup dalga boyu (nm) eksenine neredeyse paraleldir. Süre ve güç arttıkça eğrilerde değişmiş ve liflerin *K/S* değerleri artmıştır.

PBT liflerine ait renk kuvveti (*K/S*) ve kolorimetrik renk özellik (*L**, *a**, *b**, *C**, *h°*) değerleri Tablo 5.26'da verilmiştir.

Tablo 5.26: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması

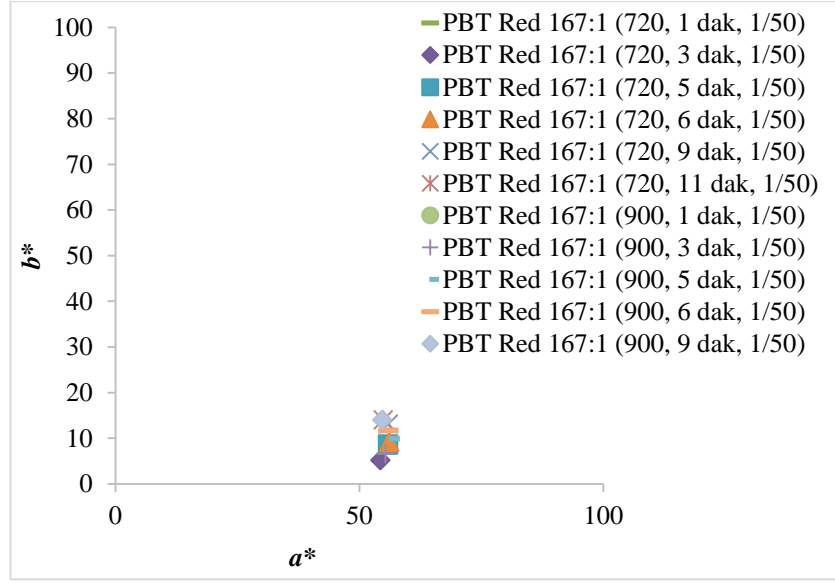
Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri											
Boyama Şartları					Kolorimetrik Renk Özellikleri						
Flotte Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	<i>K/S</i>	%BA	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
1:50	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	0.4	5.2	79.13	22.62	-2.8	22.8	353
			3		8.9	26.0	46.34	54.27	5.2	54.51	5.48
			5		15.3	44.1	41.15	55.86	8.64	56.52	8.79
			6		17.7	57.3	39.66	56.11	9.19	56.86	9.3
			9		22.8	69.0	37	55.95	13.1	57.46	13.2
			11		25.3	80.2	35.22	54.88	14	56.65	14.4
		900	1		1.0	7.5	69.93	34.5	-3	34.64	355
			3		11.8	33.3	43.8	55.35	6.55	55.74	6.75
			5		19.0	58.7	39.17	56.22	9.87	57.08	9.96
			6		21.4	63.6	37.8	55.94	11.7	57.15	11.8
			9		24.9	78.5	35.23	54.68	14	56.45	14.4
			11		26.4	86.2	34.64	54.28	13.5	55.93	14
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	720	1		0.5	52.9	77.39	23.21	5.61	23.88	13.6
			3		9.8	60.5	44.9	49.28	17.1	52.15	19.1
			5		16.1	72.0	39.78	50.6	19.5	54.23	21.1
			6		19.4	74.2	37.31	50.36	19.8	54.11	21.5
			9		23.9	81.4	35.12	50.44	21.8	54.93	23.3
			11		26.5	82.0	32.77	49.04	21	53.34	23.2
		900	1		1.4	54.3	66.71	34.3	8.93	35.44	14.6
			3		11.5	63.0	43.43	50.18	17.8	53.22	19.5
			5		19.8	74.0	38.09	51.69	21.2	55.85	22.3
			6		22.1	77.9	36.51	50.78	21	54.95	22.5
			9		26.4	82.8	33.49	49.75	20.8	53.94	22.7
			11		28.4	85.9	32.2	48.93	21.6	53.48	23.8

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasından elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.79, Şekil 5.80, Şekil 5.81 ve Şekil 5.82’de verilmiştir.



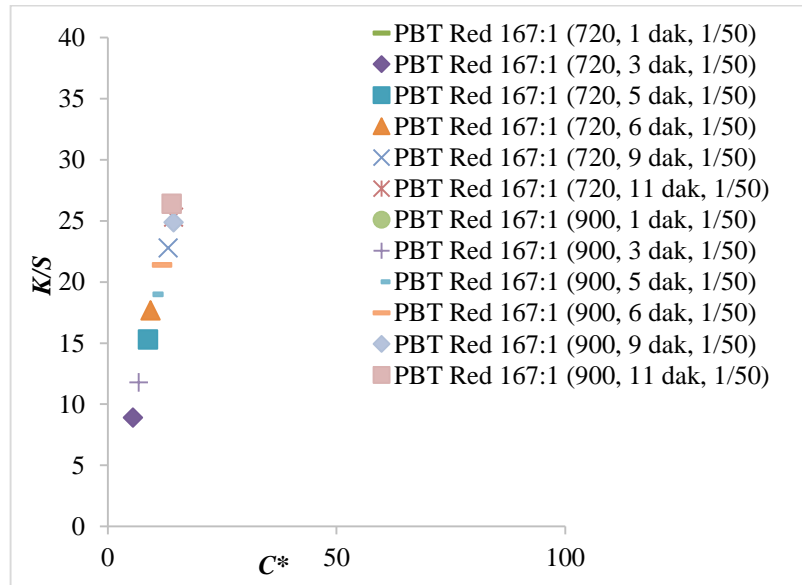
Şekil 5.79: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.79’den görüldüğü gibi farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamaların $K/S-nm$ grafiğinde yer alan eğrileri de farklı çıkmıştır. Her iki güç kullanılarak gerçekleştirilmiş 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı çıkmıştır. Fakat diğer süre ve güçlerde gerçekleştirilen boyamalara ait reflektans eğrileri incelendiğinde, $K/S-nm$ grafiklerindeki eğrilerden farklı olarak bu eğrilerin birbirine yakın çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum tüm boyamaların kırmızı renk tonlarında olduğunu göstermektedir. Fakat 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri liflerin diğer boyamalardan daha açık kırmızı tonlarına sahip olduğunu göstermektedir. Tondaki bu farklılık diğer CIE-LAB grafikleri incelendiğinde de gözlemlenmektedir. Bu grafiğe göre boyama şartları arasında en üstün olanı 900 watt’da 11 dakikalık boyama olarak gösterilebilir. Fakat bu şartda elde edilen renk değerleri (24.6, %boya alımı; 86.2) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (31.2, %boya alımı; 97.06 civarında) ulaşamamıştır.



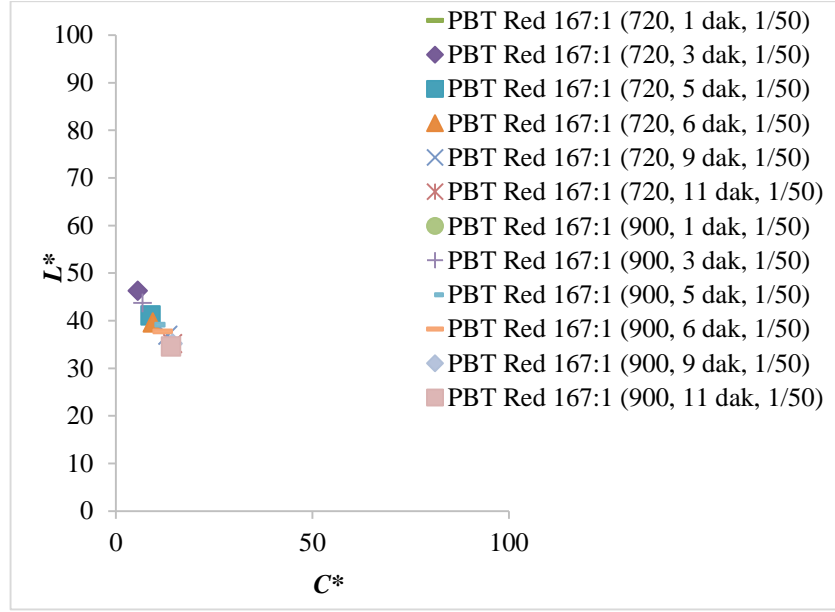
Şekil 5.80: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Bütün güç ve sürelerde boyanmış lifler birbirine yakın a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri sergilemektedir. Bunun yanında h° değerinin de 90° 'den küçük olması (1 dakikalık boyamalara ait değerler hariç) liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri arasında gözlemlenen farklılık liflerin kırmızı tonlarının arasındaki farkı göstermektedir. Bu durumda tüm boyamalardan elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir.



Şekil 5.81: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

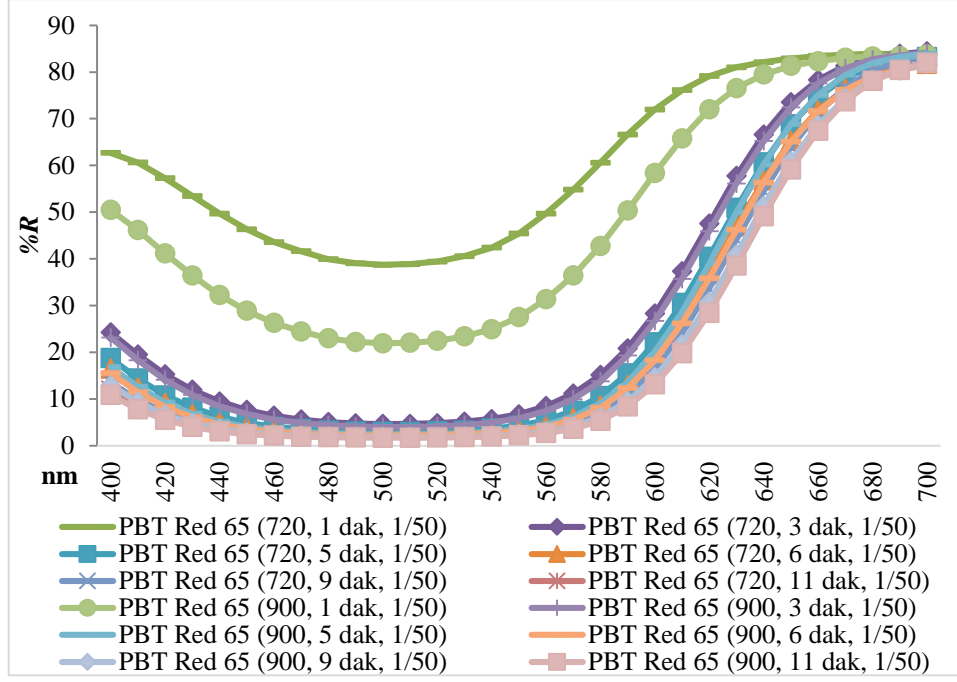
PBT liflerinin C.I.Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasına ait $K/S-C^*$ grafiğine göre, artan süre ve güç ile birlikte liflerin kroma (C^*) değerleri de artmaktadır. Bu grafik için en üstün boyama şartı olarak 900 watt'da 11 dakikalık boyama olarak gösterilebilir.



Şekil 5.82: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

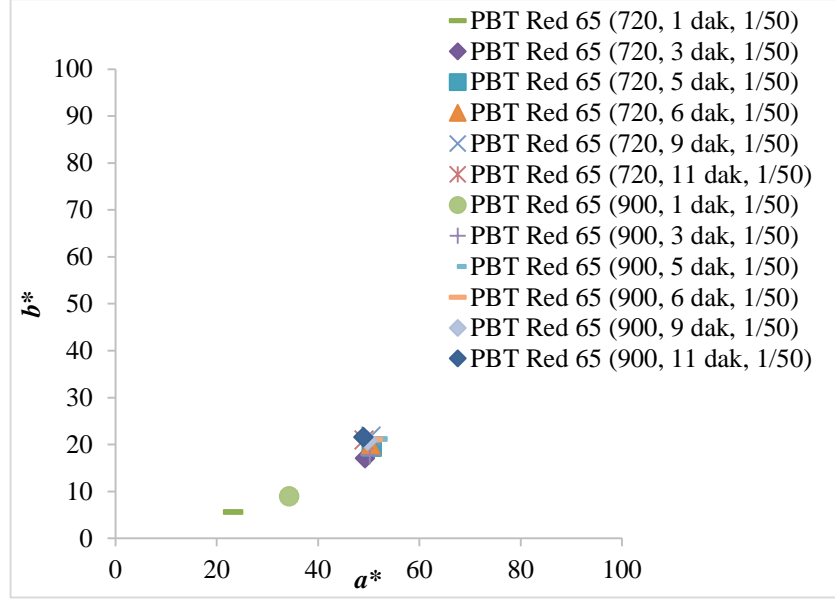
1:50 flote oranında C.I.Disperse Red 167:1 boyarmaddesi kullanılarak PBT liflerinin boyanmasına ait elde edilmiş tüm grafiklerden gözlemlendiği gibi farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB değerleri farklı çıkmıştır. L^*-C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte artmıştır. Bu duruma ters olarak artan süre ve güç ile birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmüştür, bu da boyanmış liflerin renginin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafiğe göre de en koyu boyama değerlerine 900 watt'da 11 dakikalık boyama ile ulaşılmıştır. Fakat bu şartda elde edilen renk değerleri (24.6, %boya alımı; %86.2) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (31.2, % boya alımı; 97.06 civarında) ulaşamamıştır.

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.83, Şekil 5.84, Şekil 5.85 ve Şekil 5.86'da verilmiştir.



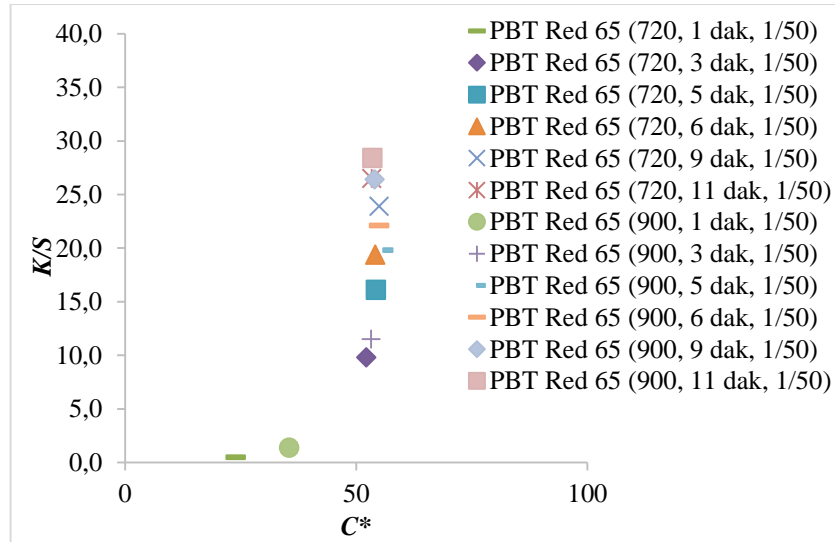
Şekil 5.83: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

Remisyon (%R)- dalga boyu (nm) grafiğinden görüldüğü farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler, K/S -süre ve K/S -nm grafiklerinde gözlemlenmiş sonuçlara paralel değerler sergilemektedir. 1 dakikada boyanmış liflere ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklıdır, diğer reflektans eğrileri incelendiğinde bu eğrilerin birbirine yakın çıktığı gözlemlenmektedir. Aslında, tüm eğriler kırmızı rengi göstermektedir fakat 1 dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri beyaz rengin reflektans eğrisine yakın bir eğri sergilemektedir ve bu durumda lifler daha açık kırmızı tonlarına sahip olduğunu göstermektedir. Tondaki bu farklılık diğer CIE-LAB grafikleri incelendiğinde de görülebilmektedir. Elde edilmiş boyama grafiklerine göre boyama şartları arasında en yüksek değerlere 900 watt'da 11 dakikalık boyamalarda karşılımlmaktadır. Fakat bu şartta elde edilen renk değerleri (28.4, %boya alımı; 85.9) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (32.4, %boya alımı; %99.41) ulaşamamaktadır.



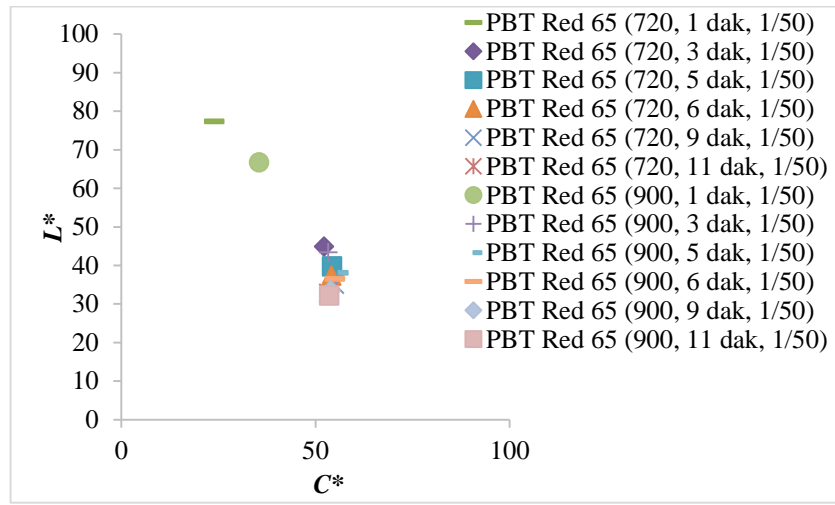
Şekil 5.84: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Kumaşların a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) grafikleri incelendiğinde her iki güçte 1 dakikalık boyamaların diğer boyama sürelerinde gerçekleştirilmiş boyamalara göre daha az kırmızılık ve sarılık sergilediği söylenebilir. Her iki güçte de 3, 5, 6, 9 ve 11 dakikalık boyamaların benzer a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri sergiledikleri görülmektedir. Grafiğe göre 1 dakikalık boyamalara ait kırmızı tonlarının diğer boyamalara göre daha açık kırmızı tonlarında olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5.85: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.85'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ile birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını yani süre arttıkça rengin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalara aittir, en yüksek değerlerde 900 watt'da 11 dakikalık boyamada ulaşılmıştır. Bu durum Şekil 5.86'daki L^*-C^* grafiğindeki veriler ile ters yönde bir trend izlemektedir. Bu grafikte de görülmektedir ki süre ve güç arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm grafiklerde 900 watt güç ile 11 dakikalık boyama süresine ait veriler en yüksek değerlerdir.



Şekil 5.86: Mikrodalga yöntemiyle 1:50 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

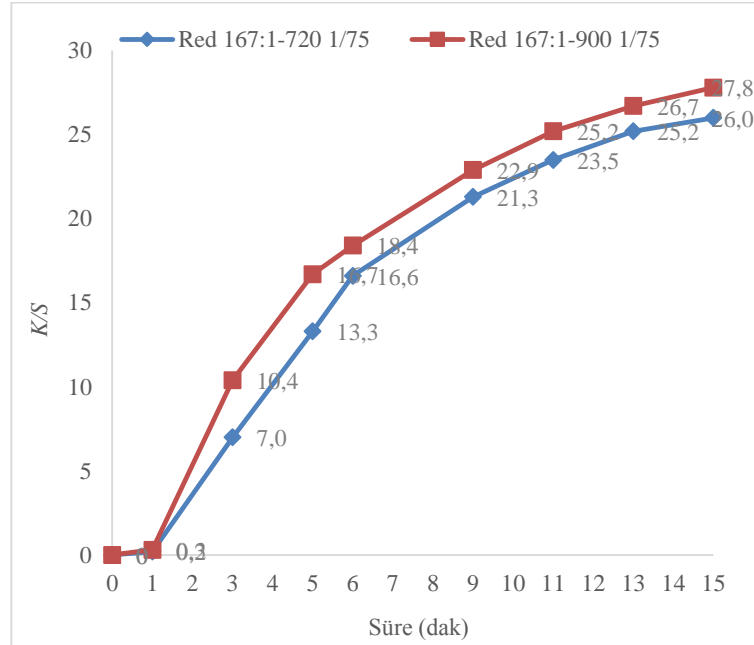
En yüksek değerlere ulaşılan şartlar altında elde edilen renk değerleri (28.4, %boya alımı; 85.9) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine (32.4, %boya alımı; %99.41) ulaşamamaktadır. Bu nedenle boyama için 1:75 flotte oranı denenmiştir. 1:50 flotte oranında 11 dakikadan daha fazla yapılan boyama işlemlerinde, 11.inci dakikadan sonra banyodaki flotte tamamen tükenmekte ve kumaş yanmaktadır. Bu yüzden bu flotte oranında daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu sebeple, daha yüksek renk verimlerine ulaşabilmek için ve daha uzun süreli boyama işlemi gerçekleştirebilmek için 1:75 flotte oranlarında da boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

1:75 Flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.27'de verilmiştir.

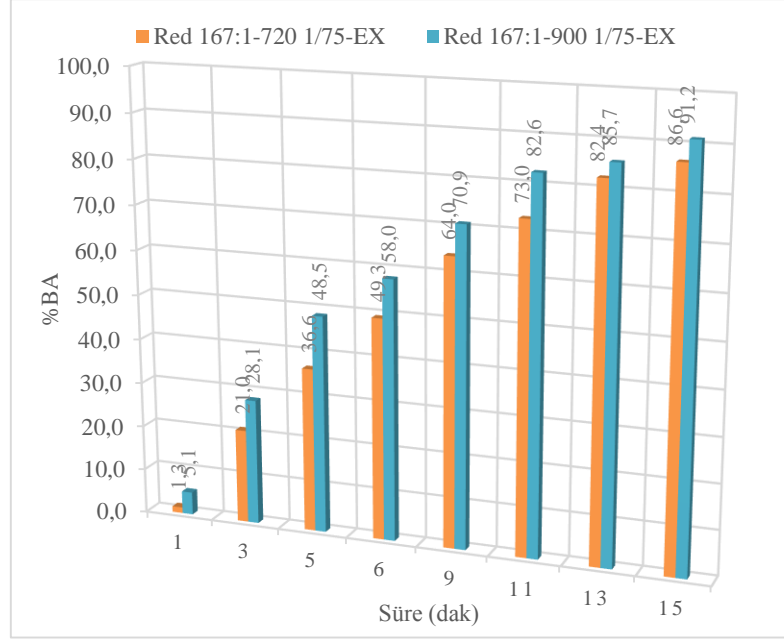
Tablo 5.27: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri							
Mikrodalga Boyama Şartları				Güç (Watt) ve Renk Değerleri (K/S, %BA)			
Flotte Oranı	Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	720 Watt		900 Watt	
				K/S	% BA	K/S	% BA
1:75	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	0,2	1,3	0,3	5,1
		3		7,0	21,0	10,4	28,1
		5		13,3	36,6	16,7	48,5
		6		16,6	49,3	18,4	58,0
		9		21,3	64,0	22,9	70,9
		11		23,5	73,0	25,2	82,6
		13		25,2	82,4	26,7	85,7
		15		26,0	86,6	27,8	91,2
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1		0,1	51,5	0,4	52,0
		3		5,7	58,2	8,9	60,1
		5		11,9	64,0	14,8	69,3
		6		15,6	71,6	17,6	73,6
		9		20,8	76,7	23,5	80,4
		11		23,8	81,2	26,3	81,8
		13		26,7	82,8	28,3	84,6
		15		28,5	85,2	30,1	92,4

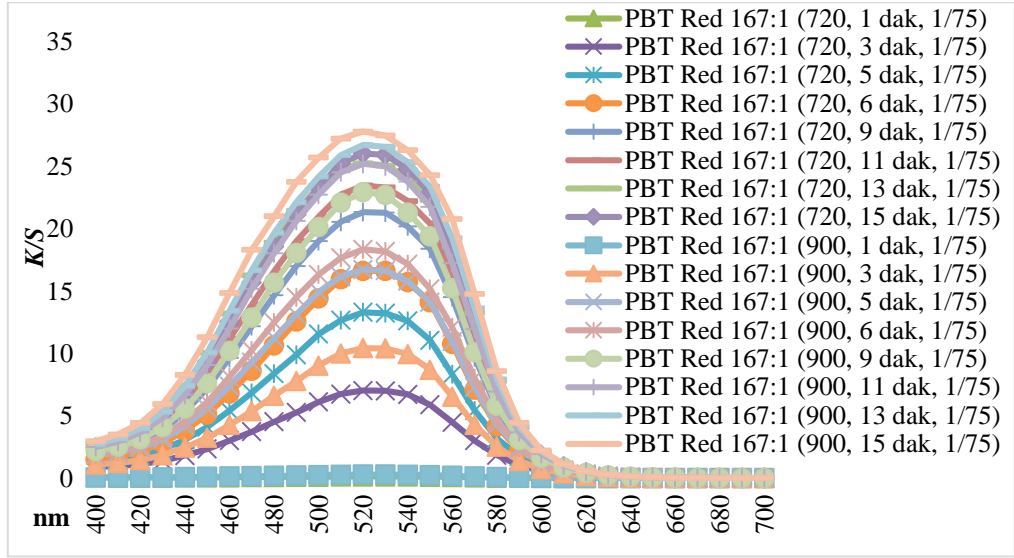
Tablo 5.27'den görüldüğü gibi her iki boyarmadde kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda da renk verimi değerleri boyama süresi arttıkça artmıştır. Her iki boyarmadde içinde artış miktarları Şekil 5.87, Şekil 5.88, Şekil 5.89, Şekil 5.90, Şekil 5.91 ve Şekil 5.92'de verilmiştir.



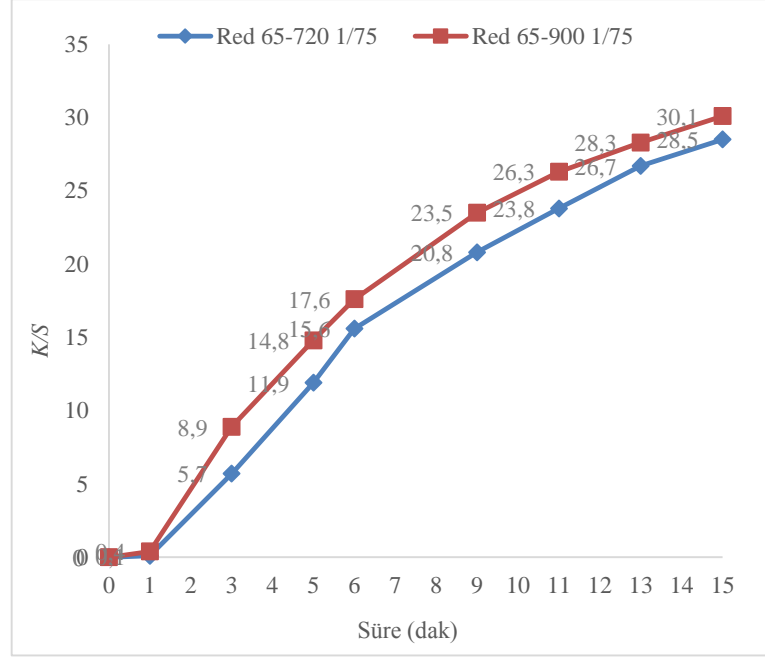
Şekil 5.87: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



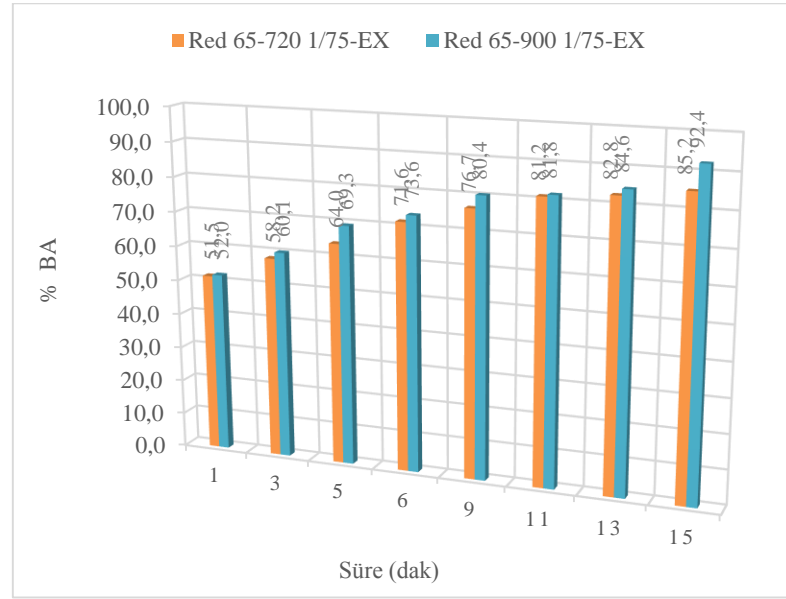
Şekil 5.88: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



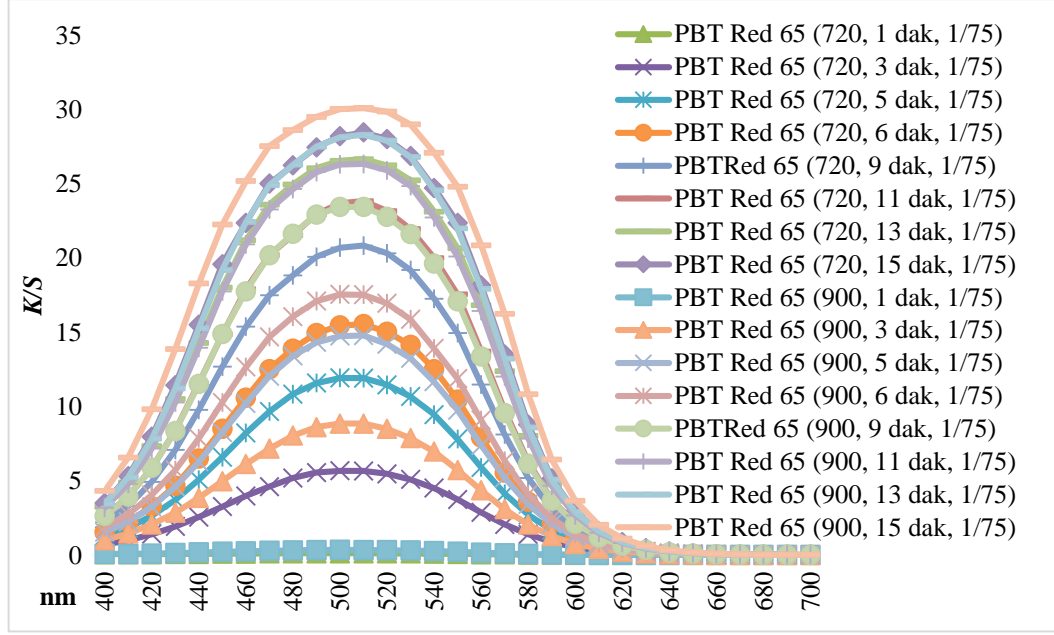
Şekil 5.89: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.90: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.91: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.92: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

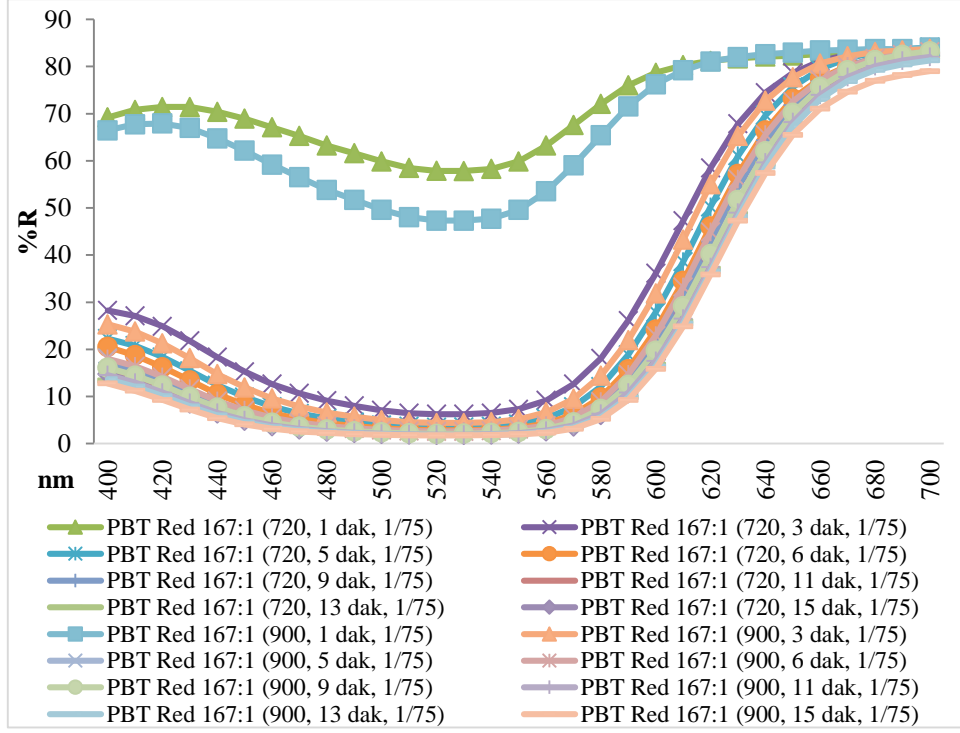
C.I. Disperse Red 167:1 ile 1:75 flotte oranında boyanmış PBT lifli kumaşların renk verimi değerleri 0.2 ile 27.8 arasında, boya alımı değerleri %0-91.2 aralığında değişmektedir. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek renk verimi değeri 900 watt'da 15 dakikalık boyamalarda 27.8 ve boya alımı miktarı ise %91.2 olarak ölçülmüştür. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT kumaşların renk verimi değerleri ise 0.1 ile 30.1 arasında, boya alımı değerleri ise 51.5 ile 92.4 aralığında değişmektedir ve en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine 900 watt'da 15 dakikada sırasıyla 30.1 ve %92.4 ile ulaşılmıştır. Her iki boyarmadde içinde, 720 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamaların renk verimi-boya alımı değerleri 900 watt güç kullanılarak gerçekleştirilmiş renk verimi ve boya alımı değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Boyamalara ait K/S -nm eğrileri incelendiğinde K/S değerlerinde artan süre ve güç ile birlikte artan bir trend gösterdiği gözlemlenmektedir.

PBT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.28'de verilmiştir.

Tablo 5.28: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması

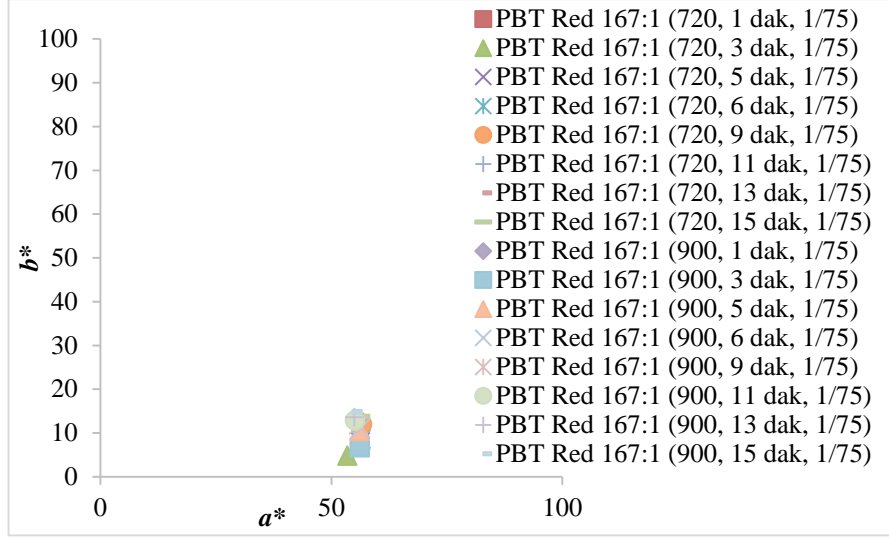
Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri											
Boyama Şartları					Kolorimetrik Renk Özellikleri						
Flotte Oranı	Boyarmadde	Güç (Watt)	Boyama Süresi (dak)	pH	K/S	%BA	L*	a*	b*	C*	h°
1:50	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	720	1	5	0,2	1,3	85,06	13,46	-1,6	13,55	353
			3		7,0	21,0	49,19	53,41	4,81	53,63	5,14
			5		13,3	36,6	43,11	56,27	7,95	56,82	8,04
			6		16,6	49,3	40,57	56,4	8,56	57,04	8,63
			9		21,3	64,0	38,09	56,61	12	57,86	11,9
			11		23,5	73,0	36,61	55,76	12,9	57,24	13,1
			13		25,2	82,4	35,16	54,87	14,1	56,64	14,4
		15	26,0		86,6	35,89	56,22	13,7	57,87	13,7	
		900	1		0,3	5,1	80,92	20,63	-2,6	20,79	353
			3		10,4	28,1	45,73	56,11	6,72	56,51	6,83
			5		16,7	48,5	40,31	56,09	10,5	57,06	10,6
			6		18,4	58,0	39,57	56,28	11,1	57,36	11,2
			9		22,9	70,9	37,21	55,85	11,8	57,09	12
			11		25,2	82,6	35,67	55,08	12,9	56,57	13,2
			13		26,7	85,7	34,84	54,96	13,6	56,62	13,9
	15	27,8	91,2		34,25	54,55	14,8	56,52	15,2		
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	720	1		0,1	51,5	86,18	10,57	3,79	11,23	19,8
			3		5,7	58,2	51,16	47,05	14,8	49,33	17,5
			5		11,9	64,0	43,23	50,29	17,9	53,39	19,6
			6		15,6	71,6	40,41	51,25	18,6	54,53	20
			9		20,8	76,7	36,86	51,06	20,9	55,18	22,3
			11		23,8	81,2	35,03	50,5	21,1	54,72	22,7
			13		26,7	82,8	32,86	49,45	21,2	53,81	23,2
		15	28,5		85,2	32,12	49,28	21,4	53,73	23,5	
		900	1		0,4	52,0	80,29	20,49	5,22	21,14	14,3
			3		8,9	60,1	46,49	49,3	17	52,14	19
			5		14,8	69,3	40,66	50,25	18,5	53,53	20,2
			6		17,6	73,6	38,94	50,75	20,2	54,63	21,7
			9		23,5	80,4	35,12	50,3	21,2	54,59	22,9
			11		26,3	81,8	32,96	49,26	21	53,56	23,1
13			28,3	84,6	32,16	49,14	21,2	53,53	23,4		
15	30,1	92,4	30,12	47,25	20,8	51,63	23,8				

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen Kolorimetrik renk özelliklerine ait (CIE-LAB) grafikler Şekil 5.93, Şekil 5.94, Şekil 5.95 ve Şekil 5.96 verilmiştir.



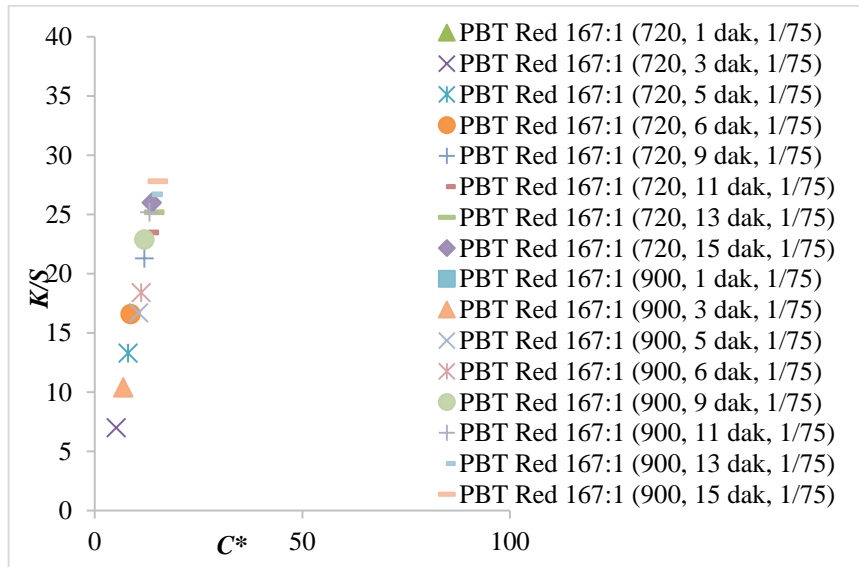
Şekil 5.93: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

PBT liflerine ait %R-nm grafiği incelendiğinde farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler Şekil 5.93'te verilmiştir. Her iki güç ile boyanmış liflere ait 1 dakikalık boyamaların reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklıdır. Bunun yanında diğer süreler için elde edilen reflektans eğrileri birbirine yakındır. Bir dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri, beyaz renge ait reflektans eğrisine yaklaşmaktadır. Bu durum diğer grafikler incelendiğinde de açıkça görülmektedir. %R-nm grafiği incelendiğinde boyama şartları arasından en üstün olanının 900 watt'da 15 dakikalık boyama olduğu gözlemlenmektedir. Fakat bu şartta bile elde edilen renk değerleri konvansiyonel boyamalarda elde edilen *K/S* değerlerine ulaşamamaktadır fakat yaklaşmaktadır.



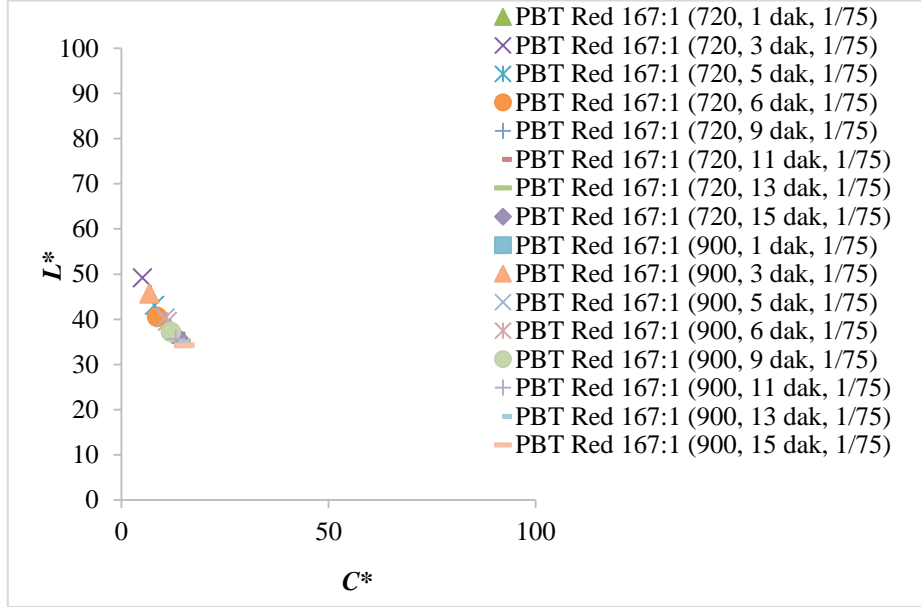
Şekil 5.94: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PBT liflerinin boyanmasından elde edilen a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri verilmiştir. Bu değerler yanında h° değerinin 90° 'den (1 dakikalık boyamalar hariç) küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemiştir. Bu durumda elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu gözlemlenmektedir ve bu durum boyanmış numunelere ait %R-nm grafiğindeki reflektans eğrilerinden elde edilen sonuçlarıyla da örtüşmektedir.



Şekil 5.95: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

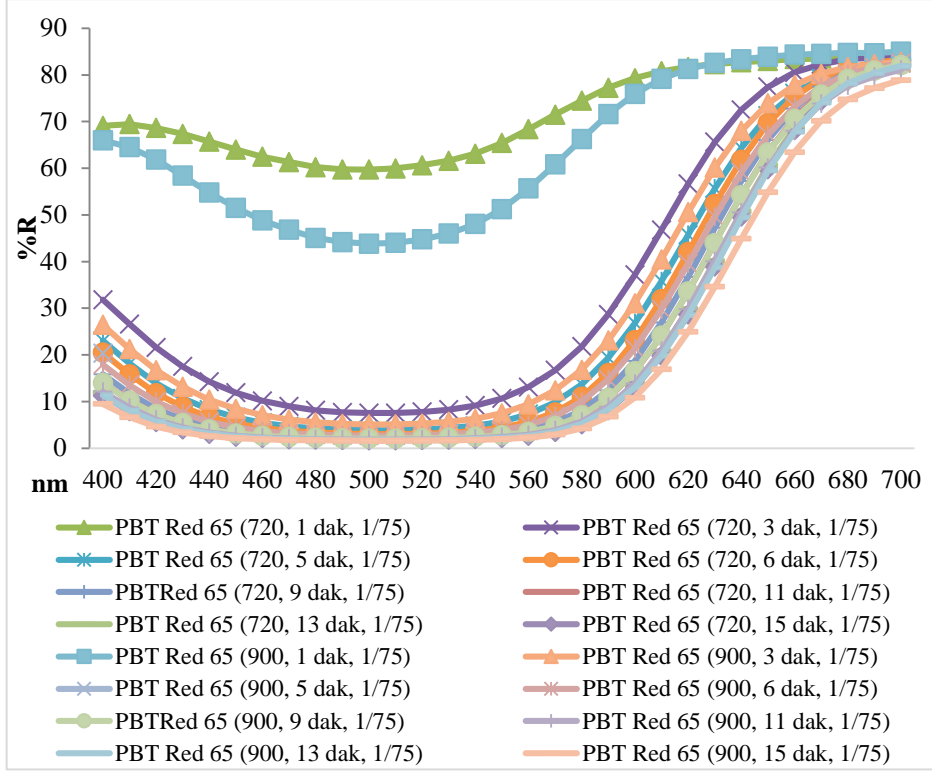
Şekil 5.95'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve güç ile birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalarda, en yüksek değerlerde 900 watt 15 dakikalık boyamada elde edilmiştir.



Şekil 5.96: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

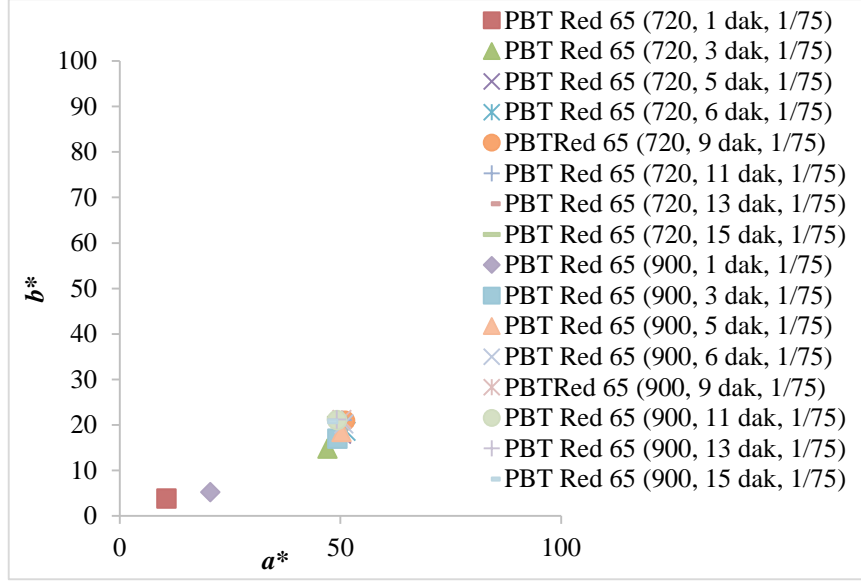
Şekil 5.96'daki L^*-C^* grafiğindeki eğri $K/S-C^*$ grafiğindeki eğri ile ters yönde bir trend izler. Bu grafikten de görülmektedir ki süre ve güç arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm şekillerden görüldüğü gibi boyanmış liflere ait CIE-LAB değerleri farklı çıkmaktadır. Diğer boyama şartları arasından en yüksek değerler 900 watt güç ile 15 dakikada gerçekleştirilmiş boyamaya aittir. Fakat bu renk değerleri (K/S ; 27.8 ve % BA; 91.2) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi (31.2, % boya alımı; 97.06) ve boya alımı değerlerine ulaşamamaktadır fakat yaklaşmaktadır.

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.97, Şekil 5.98, Şekil 5.99 ve Şekil 5.100'de verilmiştir.



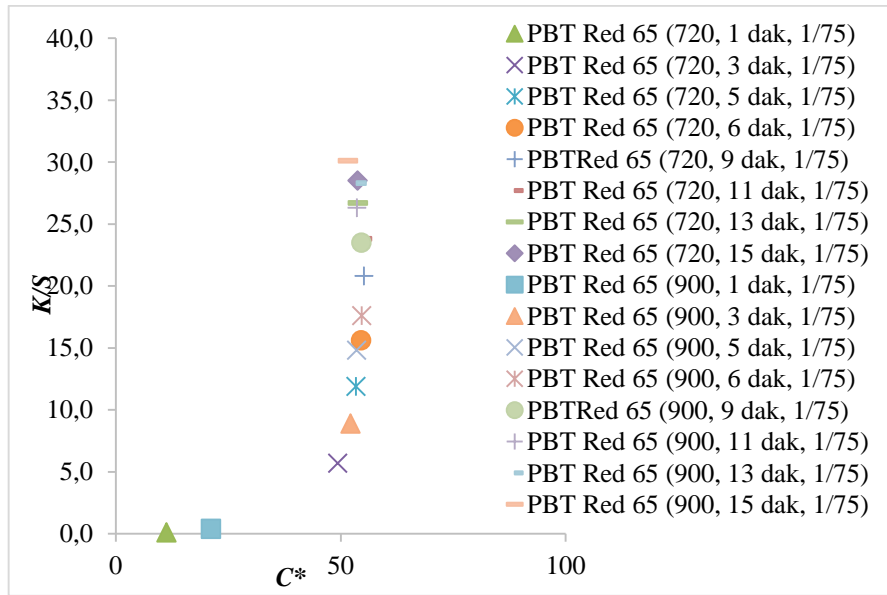
Şekil 5.97: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.97'deki PBT liflerine ait %R-nm grafiği incelendiğinde farklı güç ve sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait eğriler farklılıklar sergilemektedir. Her iki güç ile 1 dakika boyanmış liflere ait reflektans eğrileri diğer boyama sürelerinden elde edilen eğrilerden farklı olmakla birlikte diğer süreler için reflektans eğrileri birbirine daha yakındır. Elde edilmiş grafikte 900 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin reflektans eğrisinin 720 watt 1 dakika boyama işlemi yapılmış lifin eğrisine göre de farklı olduğu gözlemlenmektedir. Bir dakikalık boyamalara ait reflektans eğrileri, beyaz renge ait reflektans eğrilerine yaklaşılmaktadır yani bu boyamalara ait renkler diğer renklere göre çok daha açık kırmızı renklere sahiptir. Bu durum diğer grafiklerden de açıkça görülmektedir. %R-nm grafiği incelendiğinde boyama şartları arasından en üstün olanının 900 watt'da 15 dakikalık boyama olduğu gözlemlenmektedir. Fakat bu şartta bile elde edilen renk değerleri konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk değerlerine ulaşamamaktadır.



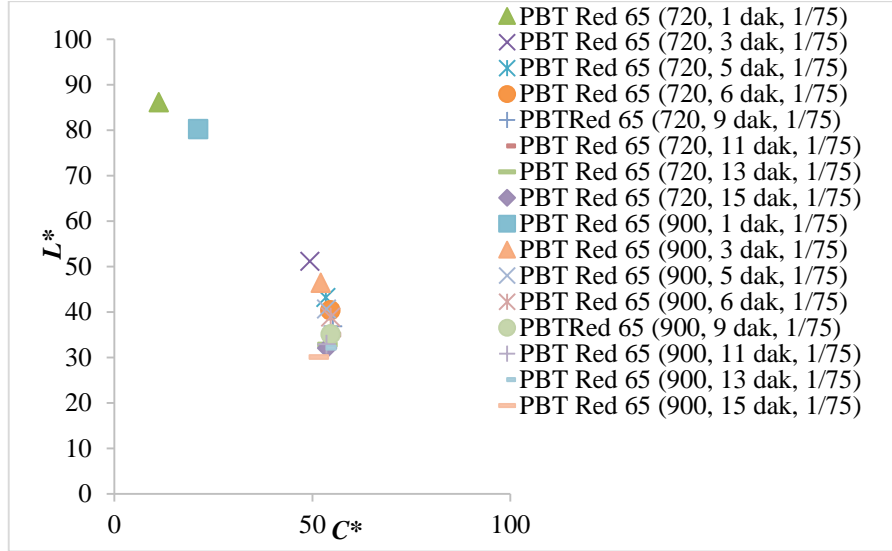
Şekil 5.98: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Kumaşların a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) grafikleri incelendiğinde boyamaların kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Her iki güçte 1 dakikalık boyamaların diğer boyama sürelerinde gerçekleştirilmiş boyamalara göre kırmızılık ve sarılık değerlerinin çok daha az olduğu gözlemlenmektedir. Bunun yanında bu boyamalara ait h° değerlerinin 90° 'den düşük olması bu boyamaların kırmızı renk tonlarında olduğu bilgisini desteklemektedir.



Şekil 5.99: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flotte oranında boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Renk verimi (K/S)- kroma (C)* grafiğe göre, artan süre ve güç ile birlikte liflerin kroma (C*) ve renk verimi (K/S) değerleri de artmaktadır. Bu grafiğe göre en düşük değerler 1 dakikalık boyamalara aittir, en yüksek değerlere de 900 watt'da 15 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



Şekil 5.100: Mikrodalga yöntemiyle 1:75 flote oranında boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

L^*-C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri artan süre ve güç ile birlikte artış göstermektedir. Bununla birlikte liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir. Bu durum rengin koyulaştığını göstermektedir. PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile 1:75 flote oranında boyanmasına ait tüm grafiklerinden görüldüğü gibi boyanmış liflere ait değerler farklıdır. Lifler boyandıkları farklı süreler ve güçler sonucunda farklı renk kuvveti, boya alımı değerleri ve kolorimetrik renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) sergilemiştir. Tüm grafikler 900 watt güç ile 15 dakikalık boyama süresine ait verilerin en yüksek değerler olduğunu göstermektedir. Fakat bu değerler (K/S; 30.1 ve % BA; 92.4) konvansiyonel boyamalarda elde edilen K/S (32.4, % boya alımı; %99.41) değerlere ulaşamamaktadır fakat oldukça yaklaşımaktadır. Konvansiyonel boyama şartlarının (100°C-30 dakika) süresi düşünüldüğünde (bu boyama şartlarının maksimum boyama sıcaklığındaki boyama süresi 30 dakika olmasına rağmen toplam boyama süresi yaklaşık olarak 120 dakikadır) mikrodalga enerjisi ile 15 dakika gibi kısa bir sürede bu renk verimi değerlerine ulaşılması süre ve enerji bakımından oldukça tasarruf sağlayabilecektir gibi görünmektedir. Fakat süre bakımından böyle bir

avantaja sahip olmasına rağmen 900 watt 15 dakikalık boyamanın flotte oranı 1:75'dir. Bu flotte oranı daha fazla kimyasal ve su kullanımına neden olarak çevre ve maliyet açısından olumsuz etkiler doğurabilir. PBT liflerine 1:30, 1:50 ve 1:75 flotte oranlarında gerçekleştirilen boyamaların renk değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.29'da verilmiştir.

Tablo 5.29: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga ve Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Özellikleri									
PBT Lifi			Mikrodalga Enerjisiyle Boyamaya Ait Renk Verimi (K/S) Değerleri					Konvensiyonel Boyamaya Ait Renk Verimi (K/S) Değerleri	
Boyama Şartları			Flotte Oranı					Flotte Oranı	
Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	1:30		1:50		1:75		1:30
			Güç (Watt)		Güç (Watt)		Güç (Watt)		Sıcaklık (°C), Süre (dak)
			720	900	720	900	720	900	100°C, 30 dak
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	1	5	4.2	5.4	0.4	1.0	0.2	0.3	31.2
	3		14.2	17.6	8.9	11.8	7.0	10.4	
	5		21.8	24.3	15.3	19.0	13.3	16.7	
	6		23.2	25.4	17.7	21.4	16.6	18.4	
	9		-	-	22.8	24.9	21.3	22.9	
	11		-	-	25.3	26.4	23.5	25.2	
	13		-	-	-	-	25.2	26.7	
	15		-	-	-	-	26.0	27.8	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	1	5	3.1	4.4	0.5	1.4	0.1	0.4	32.4
	3		13.2	17.8	9.8	11.5	5.7	8.9	
	5		20.1	22.9	16.1	19.8	11.9	14.8	
	6		23.9	25.8	19.4	22.1	15.6	17.6	
	9		-	-	23.9	26.4	20.8	23.5	
	11		-	-	26.5	28.4	23.8	26.3	
	13		-	-	-	-	26.7	28.3	
	15		-	-	-	-	28.5	30.1	

Tablo 5.29 incelendiğinde, mikrodalga enerjisi kullanılarak boyanmış kumaşların renk verimi değerleri konvensiyonel boyama ile elde edilen renk verimi değerlerine ulaşamamıştır fakat değerler oldukça yaklaşmıştır. Konvensiyonel boyama şartlarının (100°C-30 dakika) maksimum boyama sıcaklığındaki boyama süresi 30 dakika olmasına rağmen toplam boyama süresinin yaklaşık olarak 120 dakika olması mikrodalga enerjisi ile 15 dakikada gerçekleştirilmiş boyamaların avantajını ortaya koymaktadır. Mikrodalga enerjisi ile yapılan mikrodalga boyama işleminin toplam boyama süresi en fazla 15 dakikadır. 15 dakika gibi kısa bir sürede mikrodalga enerjisi ile elde edilen renk veriminin konvensiyonel boyama yöntemiyle ulaşılan değerlere çok yakın olması mikrodalga boyama yönteminin süre ve enerji bakımından önemli faydalar sağlayabilecek gibi görünmektedir. Fakat süre bakımından böyle bir avantaja sahip olmasına rağmen 900 watt 15 dakikalık boyamanın flotte oranı 1:75'dir. Bu flotte oranı daha fazla kimyasal ve su kullanımına neden olarak çevre ve maliyet açısından olumsuz etkiler doğurabilir.

5.2.2 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Haslık Değerleri

Mikrodalga enerjili yöntemle elde edilen boyamaların renk verimleri ve boya alımı değerleri yukarıdaki bölümde verilmiştir fakat daha etkin bir değerlendirme yapabilmek için haslık değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Tüm PTT ve PBT liflerine uygulanan yıkama ve su haslığı değerleri 5 (çok iyi) çıkmıştır, bu nedenle tablo içinde gösterilmemiştir. Liflere ait diğer haslık değerleri ise aşağıda verilmiştir. PTT ve PBT liflerine ait sürtme haslığı değerleri sırasıyla Tablo 5.30 ve Tablo 5.31’de verilmiştir

Tablo 5.30: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PTT lifli kumaşlara ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri						
Mikrodalga Gücü (Watt), Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1(Büyük)		C.I. Disperse Red 65(Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
720 Watt, 1:30	1	5	5	5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	5	5	5
	6		5	5	5	5
900 Watt, 1:30	1		5	5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	5	5	5
	6		5	5	5	5
720 Watt, 1:50	1		5	5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	5	5	5
	6		5	5	5	5
	9		5	5	5	5
900 Watt, 1:50	11		5	5	5	5
	1		5	5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	5	5	5
	6		5	5	5	5
720 Watt, 1:75	9		5	5	5	5
	11		5	5	5	5
	13		5	5	5	5
	15		5	5	5	5
	1		5	5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	5	5	5
	6		5	5	5	5
900 Watt, 1:75	9		5	5	5	5
	11		5	5	5	5
	13	5	5	5	5	
	15	5	5	5	5	

Tablo 5.31: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PBT lifli kumaşlara ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri*						
Mikrodalga Gücü (Watt) ve Flote Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
720 Watt, 1:30	1	5	5	4/5	5	5
	3		5	4/5	5	5
	5		5	4/5	5	5
	6		5	4/5	5	4/5
900 Watt, 1:30	1		5	4/5	5	4/5
	3		5	4/5	5	5
	5		5	4/5	5	5
	6		5	4/5	5	4/5
720 Watt, 1:50	1		5	4/5	5	5
	3		5	5	5	5
	5		5	4/5	5	5
	6		5	4/5	5	4/5
	9		5	4/5	5	4/5
900 Watt, 1:50	11		5	4/5	5	4/5
	1		5	4/5	5	4/5
	3		5	5	5	5
	5		5	4/5	5	4/5
720 Watt, 1:75	6		5	4/5	5	4/5
	9		5	4/5	5	4/5
	11		5	4/5	5	4/5
	13		5	4/5	5	4/5
	15		5	4/5	5	4/5
900 Watt, 1:75	1		5	4/5	5	4/5
	3		5	5	5	5
	5		5	4/5	5	4/5
	6		5	4/5	5	5
	9		5	4/5	5	5
	11		5	4/5	5	4/5
	13	5	4/5	5	5	
	15	5	4/5	5	5	

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

Tablolar incelendiğinde PTT kumaşların sürtme haslığı değerleri tüm boyama şartlarında ve tüm boyarmaddelerde için 5 değerini göstermektedir. PBT kumaşların ise kuru sürtme haslıkları 5-4/5 arasında değerler sergilemiştir. Tüm flote oranlarında ve boyarmaddelerde 1 dakikalık boyamalarda sürtme haslığı değerleri en iyi sonuçları vermiştir çünkü kumaşların renk verimi değerleri düşüktür

ve kumaş üzerinde boyarmadde miktarı çok azdır. Tüm bu bulguların yanında şunu da belirtmek gerekir ki; her iki lif içinde ölçülen bütün sürtme haslığı değerleri 4'ün üzerindedir ve bu değerler ticari olarak kabul edilebilir ve yüksek haslık değerleridir. PTT ve PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri de Tablo 5.32 ve Tablo 5.33'de verilmiştir.

Tablo 5.32: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT lifli kumaşlara ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle ve Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Boyama Şartları			Mikrodalga boyamaya ait değerler						
	Güç (Watt)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
900	15	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	4/5	4	3	3/4	4	4	4
	Boyama Şartları			Mikrodalga boyamaya ait değerler						
	Güç (Watt)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
900	15	5	4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	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 Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerine nazaran daha yüksek çıkmaktadır. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük moleküllü bir boyarmadde. Lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşır ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilir. Bu durum büyük moleküllü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu gerçekleştiren küçük moleküllü dispers boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olur. Konvensiyonel boyama ile elde edilmiş süblimasyon haslığı değerleri mikrodalga boyama yöntemi ile elde edilmiş süblimasyon haslığı değerlerine yakın değerler sergilemiştir.

Tablo 5.33: Mikrodalga yöntemiyle boyanmış PBT lifli kumaşlara ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Mikrodalga Yöntemiyle ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Boyama Şartları			Mikrodalga boyamaya ait değerler						
Güç (Watt)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi	
900	15	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	4/5	4	3/4	3/4	4	4	4/5
	Boyama Şartları			Mikrodalga boyamaya ait değerler						
Güç (Watt)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi	
900	15	5	5	4/5	4	4	4	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).

C.I. Disperse Red 167: 1 ile boyanmış PBT liflerinin süblimasyon haslıkları C.I. Disperse Red 65, boyanmış PBT liflerine nazaran daha yüksektir. Bu az önce de değinildiği gibi beklenen bir sonuçtur. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi daha küçük molekülü bir boyarmaddedir ve lif ısıya maruz bırakıldığında bu boyarmadde lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmekte ve süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olmaktadır. Konvansiyonel boyama ile elde edilmiş süblimasyon haslığı değerleri mikrodalga boyama yöntemi ile elde edilmiş süblimasyon haslığı değerlerine yakın değerler sergilemiştir.

5.2.3 Mikrodalga Enerjisi Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri

Bu boyama yöntemiyle boyama işlemini sadece haslık ve renk verileri ile değerlendirmek doğru değildir. Bu nedenle liflere uygulanan işlemlerin liflerin elastikiyet ve mukavemetine zarar verip vermediği de araştırılmıştır. Numunelere uygulanan elastikiyet ve mukavemet testlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Liflere farklı sıcaklıklarda uygulanmış boyamalara ait elastikiyet ve mukavemet değerleri ham kumaşların mukavemet ve elastikiyet değerlerinden bir miktar yüksek çıkmıştır. Bu durum beklenmedik şekilde boyama işlemlerinin kumaşların

mukavemet ve elastikiyetini arttırdığını göstermektedir. Fakat aslında bu beklenmedik mukavemet ve elastikiyet artışının boyama sırasında kumaşların çekmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Mukavemetteki ve elastikiyetteki bu artışı anlayabilmek için her bir boyama prosesinden sonra her bir kumaşın çekme değerleri tayin edilmiştir. Kumaşlara ait çekme değerleri tablolarda kumaş çekmesi (%) olarak belirtilmiştir. PTT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları Tablo 5.34 ve Tablo 5.35’de verilmiştir

Tablo 5.34: Mikrodalga yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham Kumaş, Mikrodalga ve Konvansiyonel yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri						
Numune				Elastikiyet Değerleri		
				Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
Ham Kumaş				56,9	-	56,9
Konvansiyonel Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
100	1:30	30	5	58.8	2.0	57.6
Mikrodalga Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Güç	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
900 Watt	1:75	15	5	61.3	5.5	57.9

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

BS 4952 Standardına göre ölçülen elastikiyet değeri PTT ham kumaş için %56.9’dur. 900 Watt 15 dakikada ve 1:75 flotte oranında mikrodalga enerjisi ile boyanmış lifler için elastikiyet değeri %61.3, 100°C’de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyamalara ait elastikiyet değeri ise %58.8’dir. Görüldüğü gibi bütün ölçülen elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektiklerinden dolayı elastikiyet değerleri artmaktadır. Ham kumaş boyanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme olmayacaktır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0-5.5 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısının daha sıklaştığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden, şu açıktır ki, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm²’sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırmak için relatif (bağıl) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş

çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) elastikiyet değerleri, mikrodalga enerjisi ile boyanmış kumaşta %57.9, konvansiyonel boyamada %57.6'dır ve ham kumaşın elastikiyet değerine (%56.9) çok yakındır. Mikrodalga enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir elastikiyet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Fakat mikrodalga enerjisi ile gerçekleştirilmiş boyamada kumaşın çekme oranı, 100°C'deki konvansiyonel boyamada meydana gelen çekme oranından daha fazladır. Müşterinin istediği siparişe göre belirli gramajlarda, kumaş yapısında ve kumaş sıklığında örülmüş veya dokunmuş kumaşların terbiye işlemlerinden sonra değişmesi üretici açısından çok istenen bir durum değildir. Mikrodalga enerjisi ile boyama işleminin süresi konvansiyonel boyama ile karşılaştırıldığında oldukça avantajlı olsa da çekme oranı daha fazla çıkmıştır.

Tablo 5.35: Mikrodalga yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

Ham, Mikrodalga ve Çektirme Yöntemleriyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri						
Numune				Mukavemet Değerleri		
				Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
Ham Kumaş				99.6	-	99.6
Konvansiyonel Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
100	1:30	30	5	102.2	2,0	100.2
Mikrodalga Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Güç	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
900 Watt	1:75	15	5	106.2	5.5	100.4

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

ASTM 5034 Standardına göre ham PTT liflerinin mukavemet değerleri 99.6 civarında, 900 Watt 15 dakikada ve 1:75 flotte oranında mikrodalga enerjisi ile boyanmış liflerin mukavemet değeri 106.2, 100°C'de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyanmış liflerin mukavemet değeri ise 102.2'dir. Görüldüğü gibi bütün ölçülen mukavemet değerleri ham kumaşın mukavemet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha mukavim hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa bir terbiye işlemi uygulanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0 ila 5.5 değerleri arasında

çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısı daha da sıkılaşmaktadır. Bu durumda kumaşlarda meydana gelen çekmeler kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, mikrodalga enerjisi ile boyanmış kumaşta 100.4, konvansiyonel boyamada 100.2 ve ham kumaşta 99.6'dır. Mikrodalga enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir mukavemet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Bu da mukavemet değerlerinin aslında artmadığını benzer seviyelerde kaldığını yani boyama işleminin mukavemette olumsuz bir etki sergilemediğini göstermektedir. Mikrodalga enerjisi ile gerçekleştirilmiş boyamada kumaşın çekme oranı, 100°C'deki konvansiyonel boyamada meydana gelen çekme oranından daha fazladır. Boyama işlemlerinden sonra kumaşların çok fazla çekmesi istenen bir durum değildir. Bu nedenle Mikrodalga enerjisi ile boyama işleminin süresi (900 watt, 15 dakika), konvansiyonel boyama (maksimum boyama sıcaklığı olan 100°C'de yapılan 30 dakikalık boyamanın toplam süresi aslında 120 dakika civarındadır) ile karşılaştırıldığında oldukça avantajlı olsa da çekme oranının daha fazla çıktığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, mikrodalga ile boyama yönteminde konvansiyonel boyamaya (100°C, 30 dakika) en yakın renk değerleri sergileyen 900 watt, 15 dakikalık boyama 1:75 oranında gerçekleştirilmiştir. Bu flotte oranı ile boyama daha fazla su ve kimyasal kullanımına neden olunabileceği unutulmamalıdır. PBT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları Tablo 5.36 ve Tablo 5.37'de verilmiştir.

Tablo 5.36: Mikrodalga yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham Kumaş, Mikrodalga ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri						
Numune				Elastikiyet Değerleri		
				Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
Ham Kumaş				75	-	75
Konvansiyonel Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
100	1:30	30	5	87.3	11.8	77
Mikrodalga Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Güç	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama(%)*
900 Watt	1:75	15	5	94.6	18.3	77.3

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

PBT ham kumaş için BS 4952 standardına göre ölçülen elastikiyet değeri %75.0'dır. 900 Watt 15 dakikada ve 1:75 flotte oranında mikrodalga enerjisi ile boyanmış lifler için elastikiyet değeri %94.6, 100°C'de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyamalara ait elastikiyet değeri ise %87.3'dür. Görüldüğü gibi bütün ölçülen elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektiklerinden dolayı elastikiyet değerleri artmaktadır. Ham kumaş boyanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme olmayacaktır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %11.8 ile 18.3 arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısının daha sıklaştığı bilinmektedir. Bu yüzden, şu açıktır ki, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) elastikiyet değerleri, mikrodalga enerjisi ile boyanmış kumaşta %77.3, konvansiyonel boyamada %77'dir. Tüm bu değerler ham kumaşın elastikiyet değerine (%75.0) çok yakındır. Mikrodalga enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir elastikiyet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Fakat mikrodalga enerjisi ile gerçekleştirilmiş boyamada kumaşın çekme oranı (%18.3), 100°C'deki konvansiyonel boyamada meydana gelen çekme oranından (%11.8) daha fazladır. Müşterinin istediği siparişe göre belirli gramajlarda, kumaş yapısında ve kumaş sıklığında örülmüş veya dokunmuş kumaşların terbiye işlemlerinden sonra değişmesi üretici açısından çok istenen bir durum değildir. Mikrodalga enerjisi ile boyama işleminin süresi konvansiyonel boyama ile karşılaştırıldığında oldukça avantajlı gibi görünse de çekme oranı çok daha fazla çıkmıştır.

Tablo 5.37: Mikrodalga yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılma

Ham, Mikrodalga ve Çektirme Yöntemleriyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri						
Numune				Mukavemet Değerleri		
				Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
Ham Kumaş				70	-	70
Konvensiyonel Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
100	1:30	30	5	80.4	11.8	70.9
Mikrodalga Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Güç	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
900 Watt	1:75	15	5	87.1	18.3	71.1

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Ham PBT liflerinin mukavemet değerleri 70 civarında, 900 Watt 15 dakikada ve 1:75 flotte oranında mikrodalga enerjisi ile boyanmış liflerin mukavemet değeri 87.1, 100°C’de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyanmış liflerin mukavemet değeri ise 80.4’ olarak ölçülmüştür. Bütün ölçülen mukavemet değerleri ham kumaşın mukavemet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PBT lifli kumaşları daha mukavim hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa bir terbiye işlemi uygulanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %11.8 ila 18.3 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısında meydana gelen sıkılaşma, kumaşın cm²’sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, mikrodalga enerjisi ile boyanmış kumaşta 71.1, konvensiyonel boyamada 70.9 ve ham kumaşta 70 olarak hesaplanmıştır. Mikrodalga enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir mukavemet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Bu da boyama işleminin mukavemette olumsuz bir etki sergilemediğini göstermektedir. Mikrodalga enerjisi ile gerçekleştirilmiş boyamada kumaşın çekme oranı, 100°C’deki konvensiyonel boyamada meydana gelen çekme oranından çok daha fazladır. Boyama

işlemlerinden sonra kumaşların çok fazla çekmesi istenen bir durum değildir. Bu nedenle mikrodalga enerjisi ile boyama işleminin süresi (900 watt, 15 dakika), konvansiyonel boyama (100°C’de 30 dakikalık boyama süresi toplam 120 dakika civarındadır) ile karşılaştırıldığında oldukça avantajlı olsa da çekme oranının daha fazla çıktığı unutulmamalıdır. Ayrıca, mikrodalga ile boyama yönteminde konvansiyonel boyamaya (100°C, 30 dakika) en yakın renk değerleri sergileyen 900 watt, 15 dakikalık boyama 1:75 oranında gerçekleştirilmiştir. Bu flote oranı ile boyamada daha fazla su ve kimyasal kullanılacaktır ve bu durum maliyet açısından ve çevresel açıdan çeşitli sıkıntılar doğurabilecektir.

5.3 Ultrasonik Enerji Kullanılan Yöntemle Elde Edilen Bulgular

5.3.1 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında kullanılan yeni yöntemlerden biri olarak ultrasonik banyo ile boyama sayılabilir. Bu boyama yönteminde tüm boyamalarda ultrasonik enerji banyo içinde verilmiştir. Gerçekleştirilmiş boyamalara ait % boya alımı ve renk verimi değerleri aşağıdadır.

5.3.1.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri

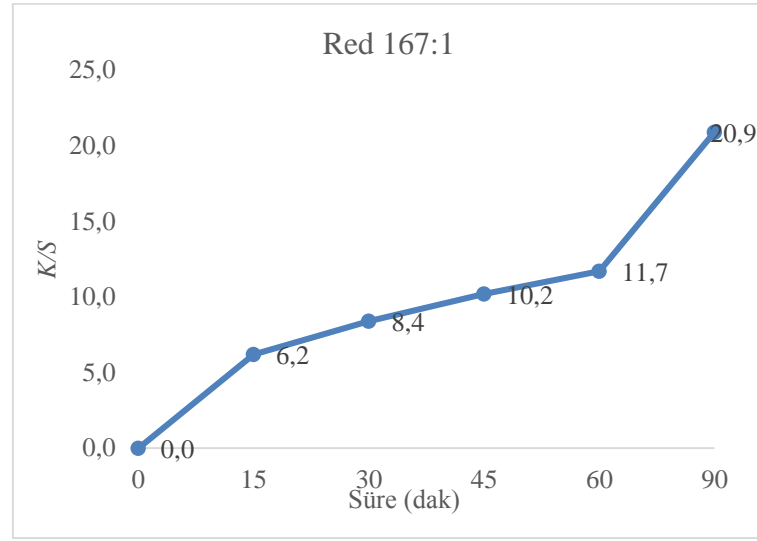
PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.38’de verilmiştir.

Tablo 5.38: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerleri

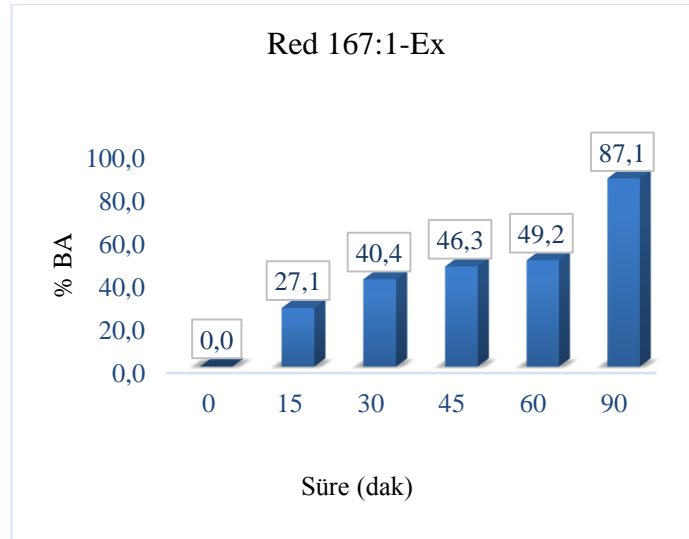
Ultrasonik Banyo (UB)Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri						
Boyama Şartları			Boyarmaddeler Bazında Renk Verimi ve Boya Alımı Değerleri			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			K/S	% BA	K/S	% BA
80	15	5	6,2	27,1	9,5	66,0
	30		8,4	40,4	12,1	72,9
	45		10,2	46,3	14,2	74,2
	60		11,7	49,2	18,8	80,7
	90		20,9	87,1	23,4	90,5

Tablo 5.38’den görüldüğü gibi PTT kumaşların renk verimi değerleri ve boya alımı değerleri her iki boyarmadde içinde süre ile birlikte artmıştır. Artış

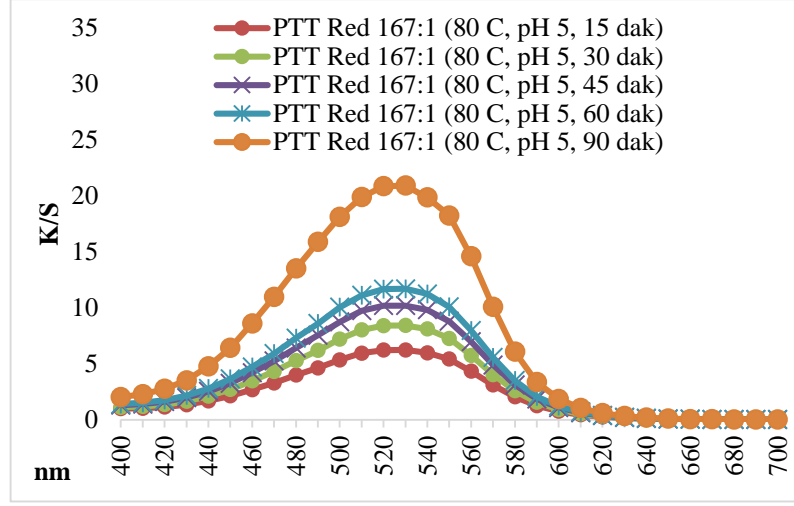
miktarları Şekil 5.101, Şekil 5.102, Şekil 5.103, Şekil 5.104, Şekil 5.105 ve Şekil 5.106'da verilmiştir.



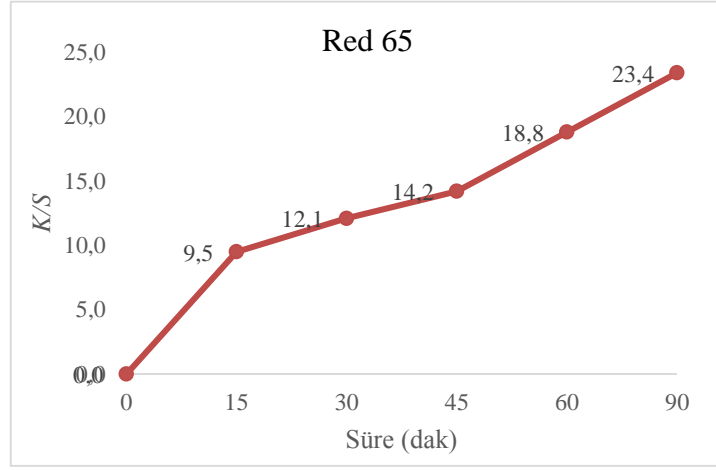
Şekil 5.101: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



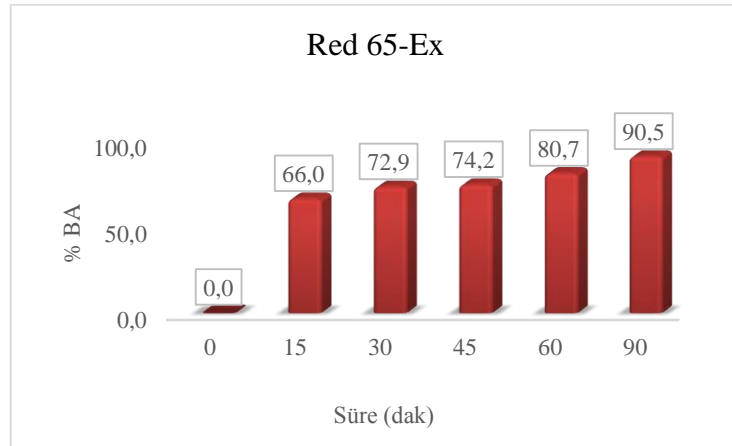
Şekil 5.102: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



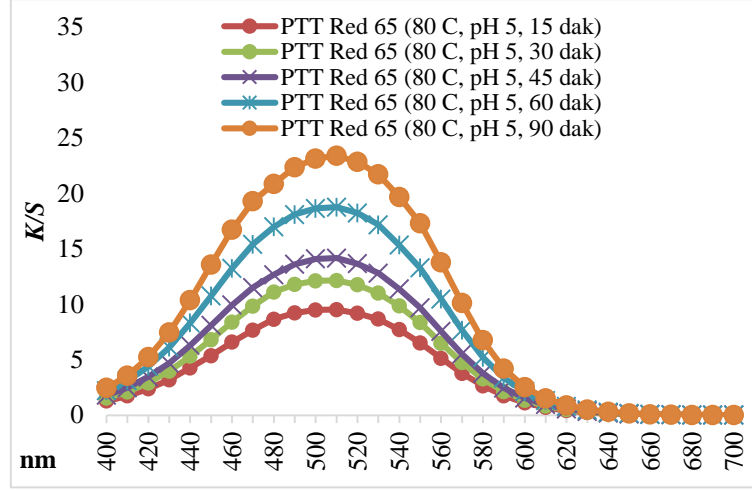
Şekil 5.103: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.104: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.105: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



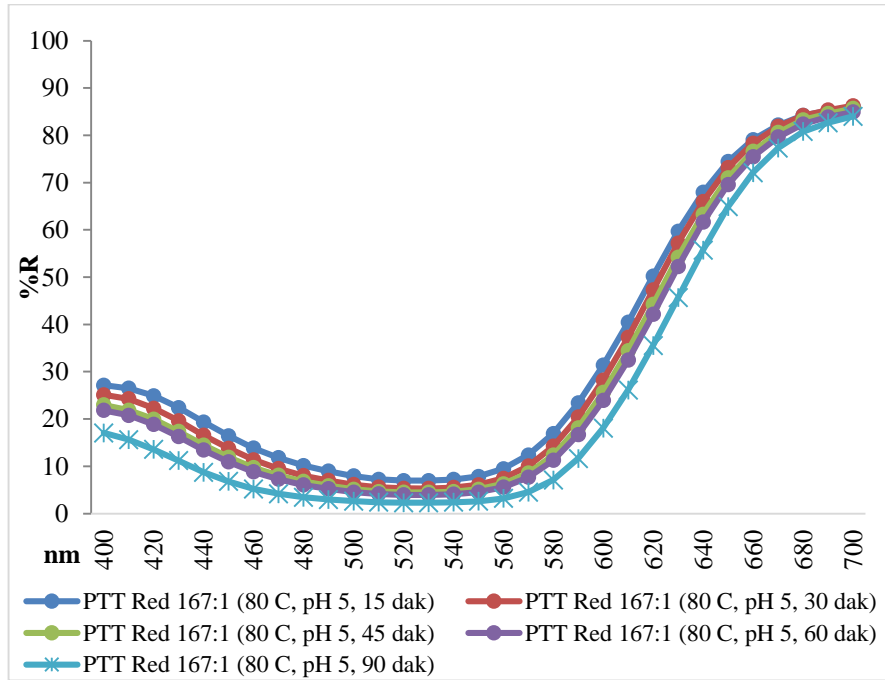
Şekil 5.106: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait renk verimi değerleri 6.2 ile 20.9 arasında, boya alımı değerleri ise %27.1 ile 87.1 arasında değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerinin renk verimi ve boya alımı değerleri ise sırasıyla 9.5 ile 23.4 aralığında ve %66.0-90.5 aralığındadır. Her iki boyarmadde içinde artan süre ile birlikte liflerin renk verimi ve boya alımı değerleri artmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ile gerçekleştirilmiş boyamalar içinde en yüksek renk verimi ve boya alımı değerine 90 dakikalık boyama sonucunda ulaşılmıştır (*renk verimi 20.9 ve boya alımı %87.1*). Tablo ve grafikler incelendiğinde PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmasında 60 dakikadan sonra liflerin renk verimi ve boya alımı değerlerinin biraz daha fazla arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin bu boyarmaddeninin büyük moleküllü olması ve bu nedenle lifin boya alımı için daha uzun süreye ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerde de en yüksek renk kuvveti değerlerine de 90 dakikalık boyama sonucunda ulaşılmıştır (*renk verimi 23.4 ve boya alımı %90.5*). Boyamalara ait K/S -nm eğrileri incelendiğinde eğrilerin de artan süre ile birlikte artan bir trend sergilediği gözlemlenmektedir. PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.39'da verilmiştir.

Tablo 5.39: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Ultrasonik Banyo (UB)Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
80	15	5	6,2	27,1	48,07	49,01	0,82	49,02	0,96
	30		8,4	40,4	45,21	51,2	1,76	51,23	1,97
	45		10,2	46,3	43,08	51,66	2,75	51,73	3,04
	60		11,7	49,2	41,66	52,04	2,92	52,12	3,21
	90		20,9	87,1	36,24	53,42	6,63	53,83	7,07
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
			K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
80	15	5	9,5	66,0	43,41	46,31	14	48,38	16,8
	30		12,1	72,9	40,94	47,33	15,1	49,7	17,7
	45		14,2	74,2	39,16	47,05	15,9	49,66	18,7
	60		18,8	80,7	35,54	46,52	15,7	49,11	18,7
	90		23,4	90,5	33,49	47,72	16,6	50,52	19,2

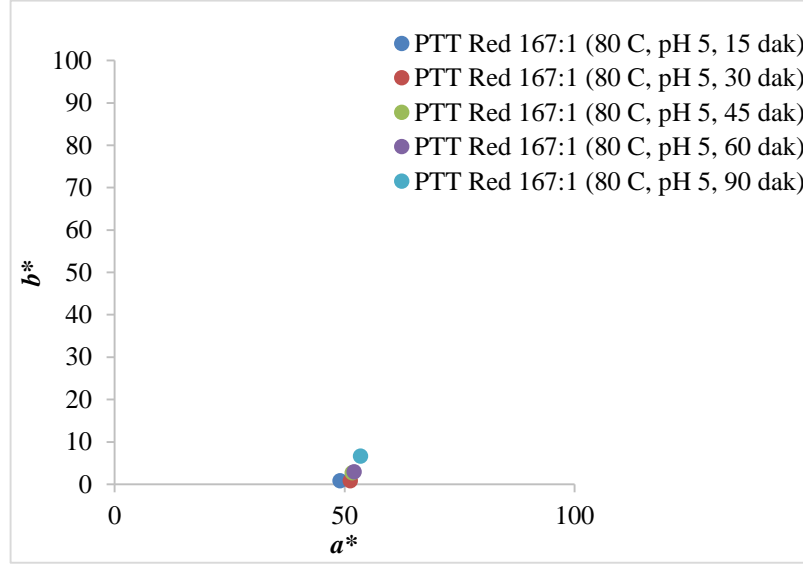
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.107, Şekil 5.108, Şekil 5.109 ve Şekil 5.110'da verilmiştir.



Şekil 5.107: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

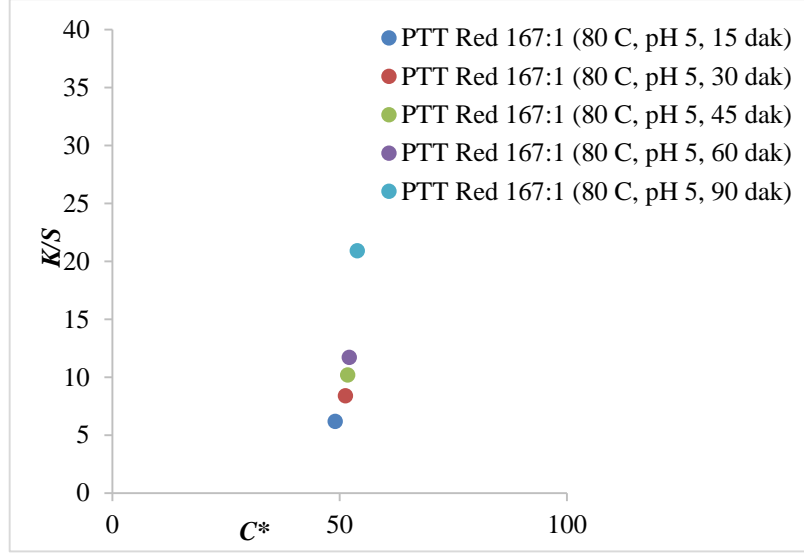
Şekil 5.107'den görüldüğü PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 ile farklı sürelerde boyanmasından elde edilen eğriler birbirine yakın çıkmıştır. Grafiğe göre

tüm boyamalar kırmızı renk tonlarına sahiptir. Aradaki ufak sapmalar renk tonlarında da farklılıklara neden olmaktadır. Bu bilgi boyamalara ait a^*-b^* grafikleri ve h° açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek K/S değeri (20.9) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (23.0) değerine ulaşamamıştır.



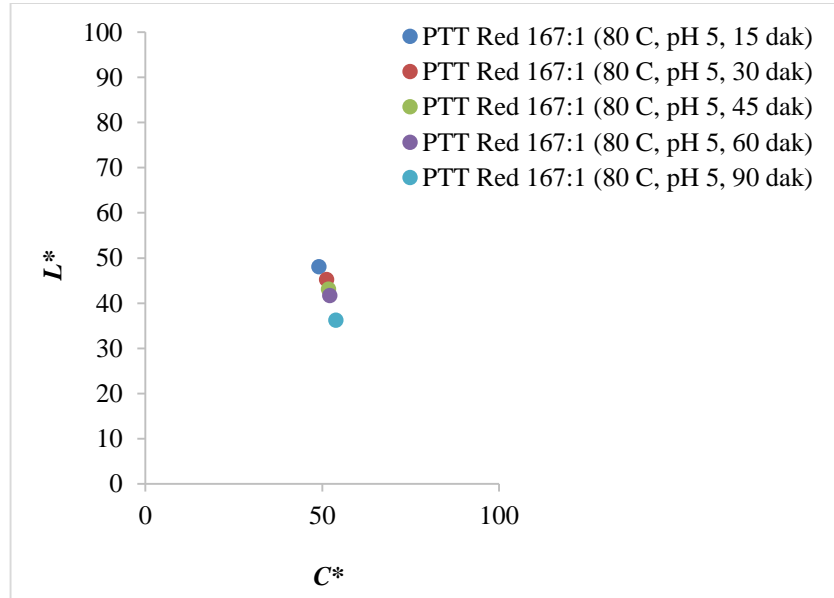
Şekil 5.108: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerlerine ek olarak h° değerinin de 90° 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakındır fakat aradaki ufak farklılık farklı sürelerdeki boyamaların renk tonlarına da yansımıştır. 90 dakikada gerçekleştirilen boyamalara ait sarılık ve kırmızılık değerleri diğer şartlarda boyanmış liflere göre daha yüksek değerler sergilemektedir. Tüm boyamalardan elde edilen liflerin kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir.



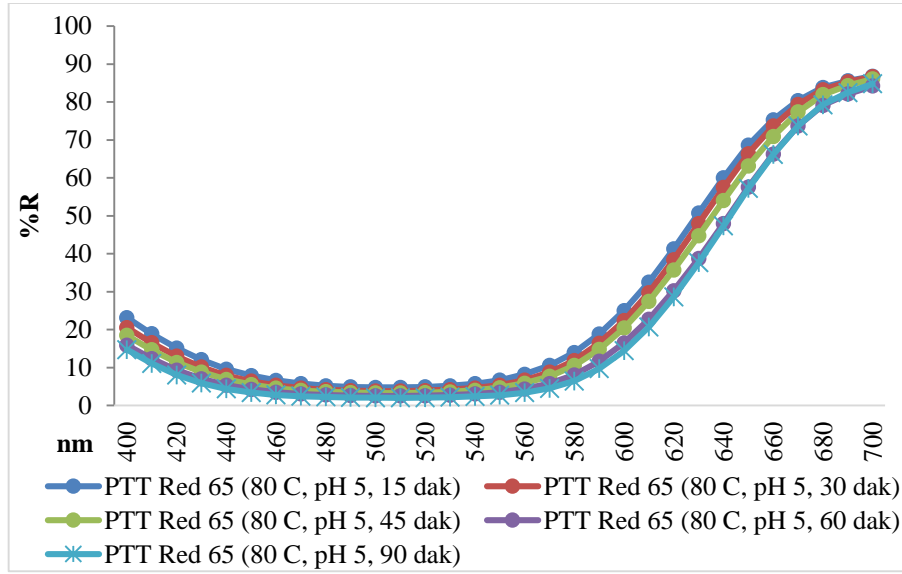
Şekil 5.109: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.109'daki veriler PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ile birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını göstermektedir. Yani süre arttıkça renk koyulaşmaktadır. Bu grafiğe göre en yüksek değerler 90 dakikalık boyamalarda elde edilmiştir. Bu durum Şekil 5.110'daki L^*-C^* grafiğindeki veriler ile ters yönde bir trend izlemektedir. Bu grafikte de görülmektedir ki süre arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır.



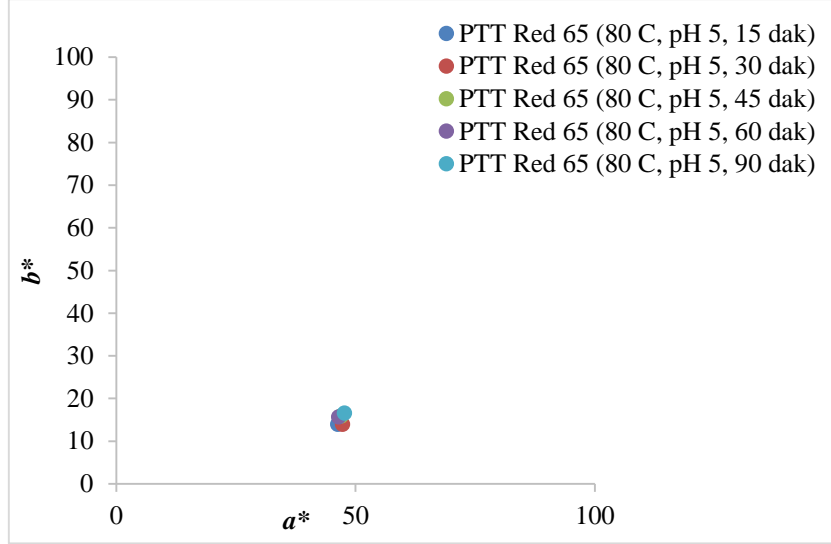
Şekil 5.110: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Lifler boyandıkları farklı süreler sonucunda farklı renk kuvveti değerleri ve CIE-LAB değerleri sergilemiştir. Bu grafiğe göre de en koyu boyama 90 dakikalık boyama olarak gözlemlenmiştir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek K/S değeri (20.9) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (23.0) değerlerine ulaşamamıştır. PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.111, Şekil 5.112, Şekil 5.113 ve Şekil 5.114'de verilmiştir.



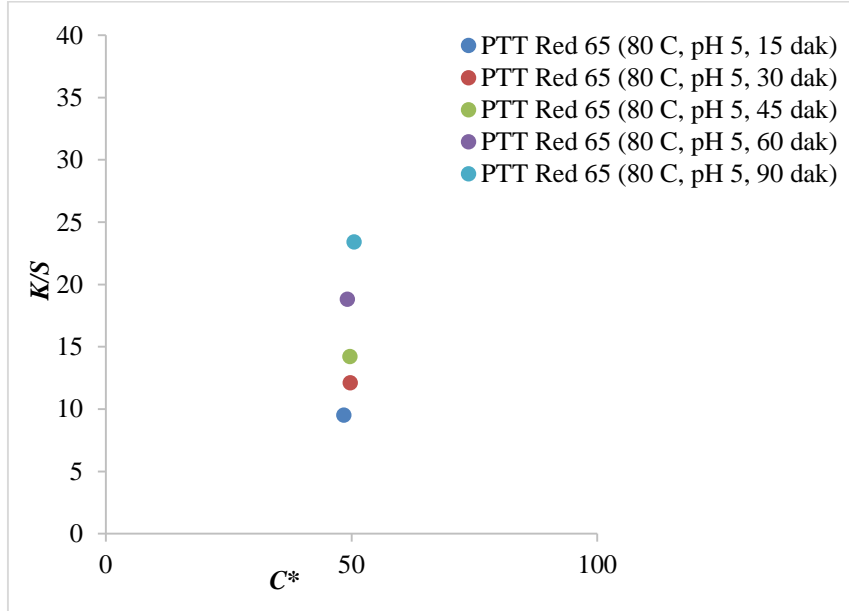
Şekil 5.111: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 ile farklı sürelerde boyanmasından elde edilen eğriler birbirine yakındır. Grafiğe göre tüm boyamalar kırmızı renk tonlarına sahiptir. Bu bilgi boyamalara ait a^*-b^* grafikleri ve h^o açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek K/S değeri (23.4) konvensiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi (26.3) değerlerine ulaşamamıştır.



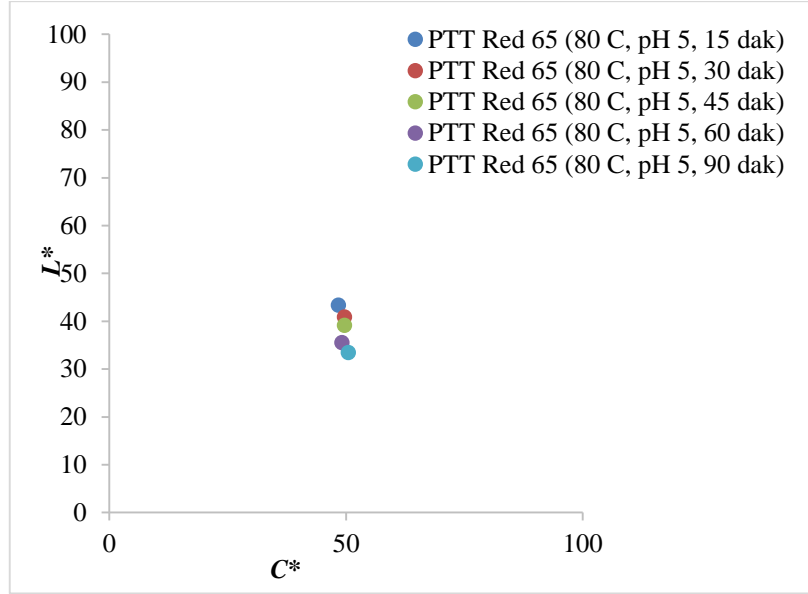
Şekil 5.112: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerinin a^* (*kırmızılık*)- b^* (*sarılık*) değerlerine ek olarak h° değerinin de 90° 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu durum remisyon ($\%R$)- dalga boyu (nm) grafiğindeki sonuçlar ile örtüşmektedir. Bütün boyamalara ait a^* - b^* değerleri birbirine yakın değerler sergilemektedir.



Şekil 5.113: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.113'deki veriler PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ile birlikte kroma (C^*) ve renk verimi (K/S) değerlerinin arttığını göstermektedir. Yani süre arttıkça renk koyulaşmaktadır. Bu grafiğe göre en yüksek değerler 90 dakikalık boyamalarda elde edilmiştir.



Şekil 5.114: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Renk verimi (K/S)- kroma (C^*) grafiğindeki gözlemlenen trend Şekil 5.114'deki L^*-C^* grafiğindeki veriler ile ters yönde bir trend izlemektedir. Bu grafikte de görülmektedir ki süre arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm şekillerden görüldüğü gibi farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB değerleri farklıdır. Bu grafiğe göre (Şekil 5.114'deki) de en koyu boyama olarak 90 dakikalık boyama gözlemlenmiştir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek (23.4) konvansiyonel boyamalarda elde edilen renk verimi (26.3) değerine ulaşamamıştır. Fakat yakın değerler sergilemektedir. PTT liflerine gerçekleştirilen ultrasonik ve konvansiyonel boyamaların renk değerlerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 5.40).

Tablo 5.40: Ultrasonik banyo yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri								
Boyama Şartları			Renk Verimi (K/S) ve Boya Alımı (%BA) Değerleri					
Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Ultrasonik Boyama (UB)		Konvansiyonel Boyama		Konvansiyonel Boyama	
			80°C, 1:30		80°C, 1:30		100°C, 1:30	
			K/S	%BA	K/S	%BA	K/S	%BA
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	15	5	6,2	27,1	2,2	11,2	-	-
	30		8,4	40,4	3,4	15,3	23,0	97,15
	45		10,2	46,3	-	-	22,9	97,10
	60		11,7	49,2	-	-	23,8	97,73
	90		20,9	87,1	4,9	20,1	-	-
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	15		9,5	66,0	2,8	49,8	-	-
	30		12,1	72,9	4,6	56,2	26,3	99,05
	45		14,2	74,2	-	-	26,4	99,39
	60		18,8	80,7	-	-	26,4	99,38
	90		23,4	90,5	6,0	59,3	-	-

Tablo 5.40 incelendiğinde, ultrasonik banyoda 80°C’de ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi (C.I. Disperse Red 167:1 için 20.9 ve %87.1’dir- C.I. Disperse Red 65 için ise 23.4 ve %90.5’dir) ve boyama alımı değerleri konvansiyonel yöntemle 100°C’de 30, 45 ve 60 dakikalarda elde edilmiş boyamaların değerlerine (C.I. Disperse Red 167:1 için 22,9-23,8 ve %97,10-97,73’dir- C.I. Disperse Red 65 için ise 26.3-26.4 ve %99.05-99.39’dur) ulaşamamıştır fakat aradaki fark çok büyük değildir. Burada unutulmamalıdır ki, ultrasonik boyama işlemi 80°C’de konvansiyonel boyamalar ise 100, 110, 120 ve hatta 130°C’lerde gerçekleştirilmiş. 100°C’den daha düşük bir sıcaklıkta liflerin neredeyse 100°C’lik renk verimi ve boya alımı değerlerine yaklaşması önemlidir. Ultrason enerjisinin sağladığı etkiyi daha net görebilmek için konvansiyonel yöntemde 80°C’de elde edilmiş boyamalara ait renk bilgileri ultrasonik boyamaların renk verileri ile karşılaştırılmalıdır. Ultrasonik banyoda 80°C’de ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi ve boya alımı değerleri sırasıyla C.I. Disperse Red 167:1 için 20.9 ve %87.1’dir- C.I. Disperse Red 65 için 23.4 ve %90.5’dir. Konvansiyonel yöntemle 80°C’de 15, 30 ve 90 dakikalarda elde edilmiş boyamaların renk verimleri ve boya alımları sırasıyla C.I. Disperse Red 167:1 için 2.2-4.9 aralığında ve %11.2-20.1 aralığında, C.I. Disperse Red 65 için ise 2.8-6 ve %49.8-59.3 aralığındadır. Bu duruma göre 80°C’de gerçekleştirilmiş ultrasonik boyama işlemi oldukça üstün değerler sergilemiştir. Bu durum aynı sıcaklıklar altında gerçekleştirilen

boyamalarda ultrasonik enerjinin konvensiyonel enerjiden daha etkin olabileceğini göstermektedir. Bu durum literatürde, ultrasonik işlemlerin lif içindeki mikrokristalleri gözle görünür biçimde oynattığı ve dolayısıyla amorf bölgeleri genişlettiği, bu sayede daha fazla dispers boyarmaddenin PTT liflerine difüze olabildiğini sağladığı bilgisi ile örtüşmektedir. Ayrıca ultrasonik enerji lifler yanında sulu çözeltilerde kümelenme eğiliminde olan boya moleküllerinin ayrışmasına sebep olarak dispersiyondaki boya parçacık boyutlarının küçültülmektedir. Ultrasonik boyamalardan elde ettiğimiz tüm bulgular ultrason destekli boyama işleminin düşük sıcaklıklarda bile PTT kumaşın renk koyuluğunu arttırdığı olgusuna paraleldir (Yıldırım ve diğ. 2012^d, Wang ve diğ. 2010).

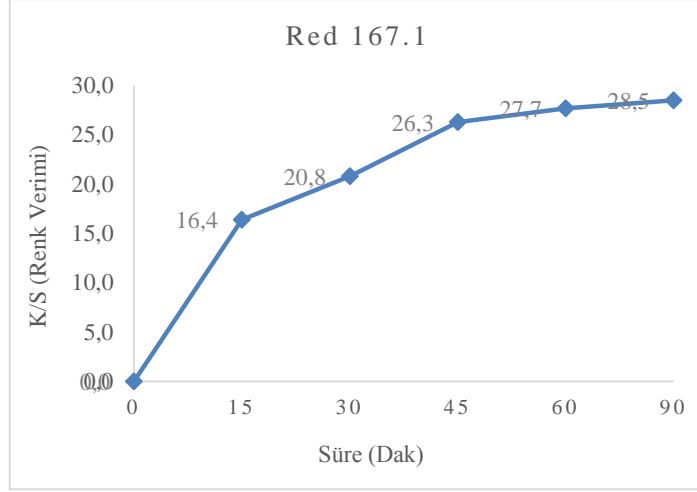
5.3.1.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri

PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.41’de verilmiştir.

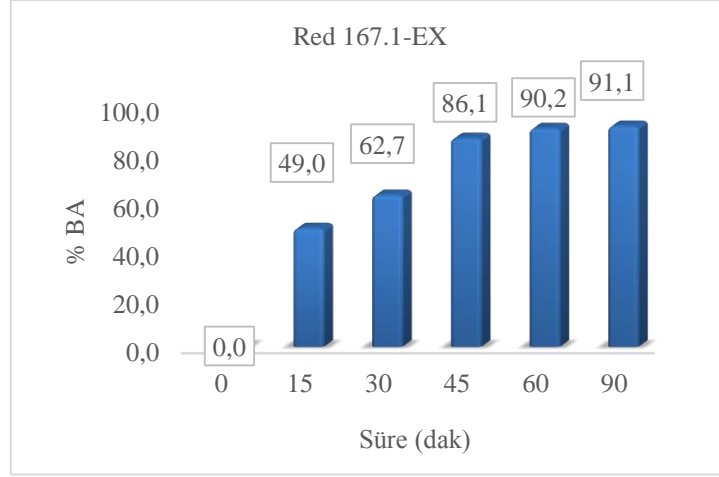
Tablo 5.41. Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerleri

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			K/S	% BA	K/S	% BA
80	15	5	16,4	49,0	16,7	72,0
	30		20,8	62,7	22,7	77,6
	45		26,3	86,1	26,2	82,8
	60		27,7	90,2	28,4	85,4
	90		28,5	91,1	29,2	90,2

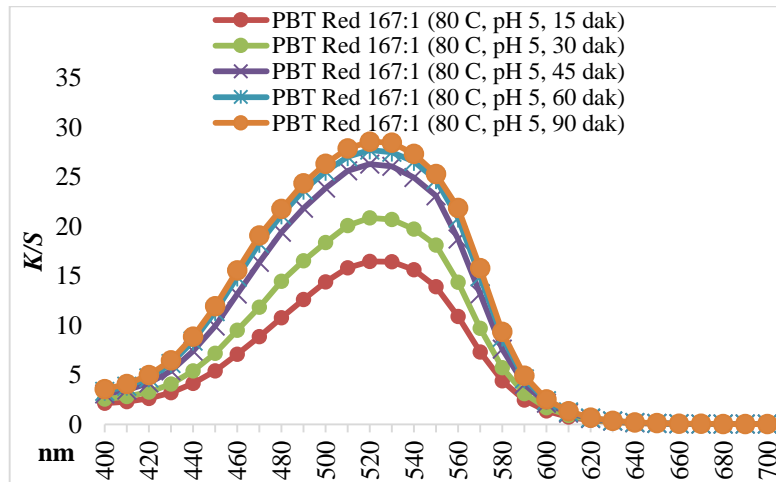
Tablo 5.41’den görüldüğü gibi PBT kumaşların renk verimi değerleri ve boya alımı değerleri her iki boyarmadde içinde süre ile birlikte artmıştır. Artış miktarları **Şekil 5.115**, **Şekil 5.116**, **Şekil 5.117**, **Şekil 5.118**, **Şekil 5.119** ve **Şekil 5.120**’de verilmiştir.



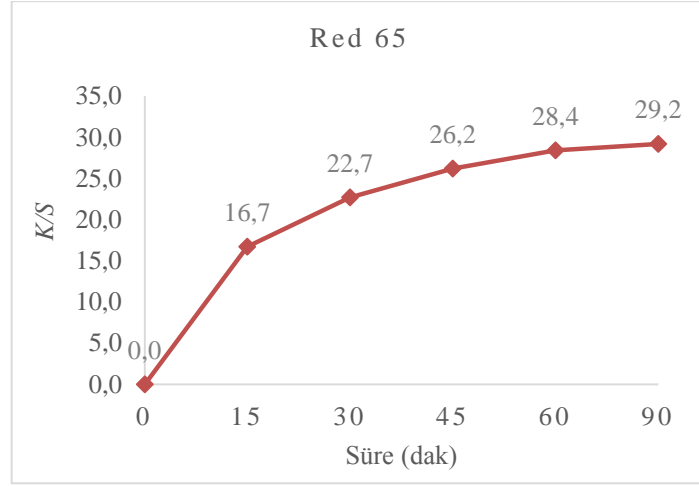
Şekil 5.115: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



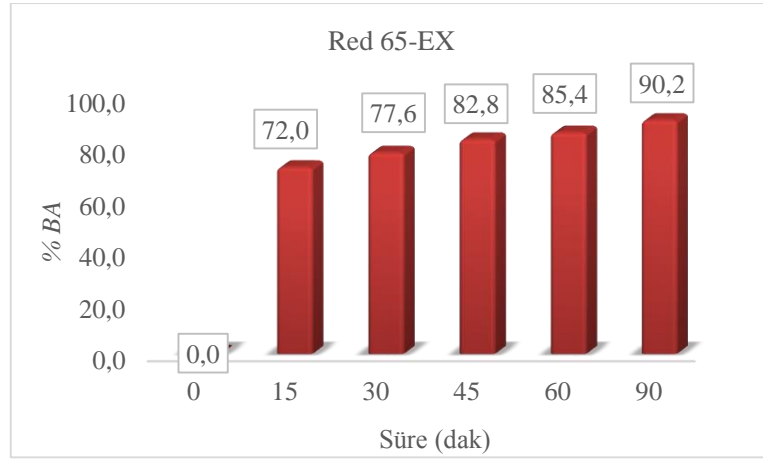
Şekil 5.116: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)



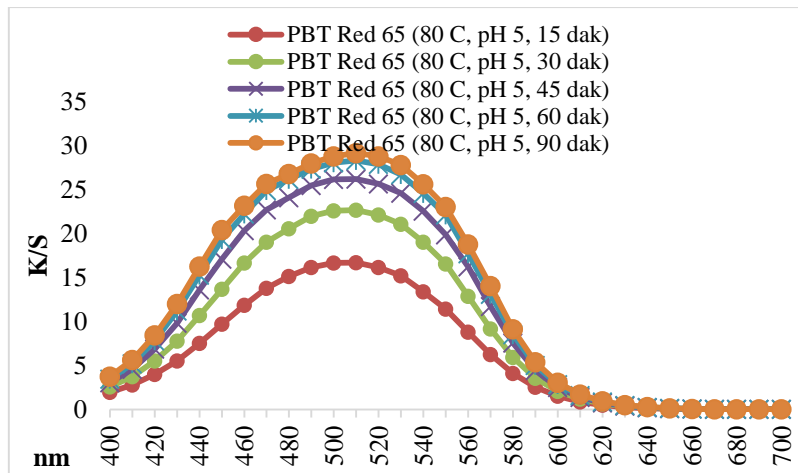
Şekil 5.117: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.118: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



Şekil 5.119: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait boya alımı-süre diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)



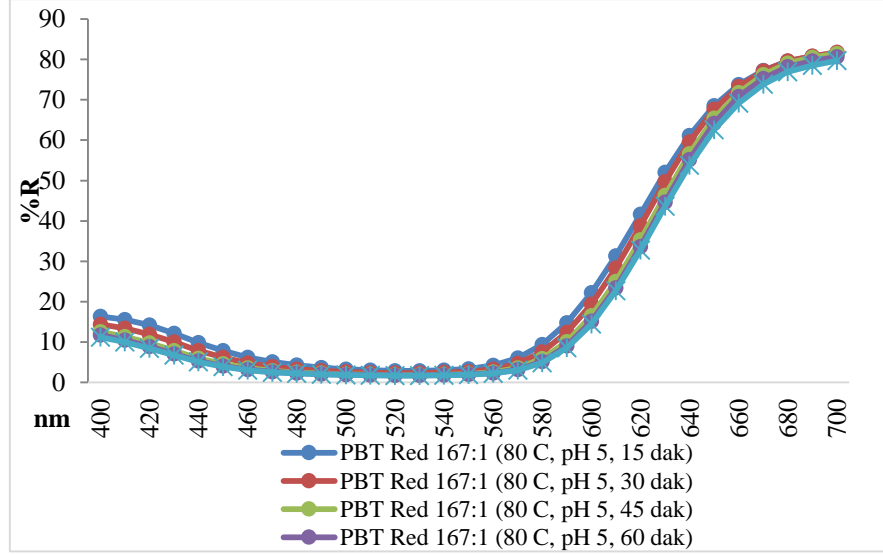
Şekil 5.120: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S-nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT liflerine ait renk verimi değerleri 16.4 ile 28.5 arasında, boya alımı değerleri ise %49.0 ile 91.1 arasında değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT kumaşların renk verimi ve boya alımı değerleri ise sırasıyla 16.7 ile 29.2 aralığında ve %72.0-90.2 aralığındadır. Her iki boyarmadde içinde artan süre ile birlikte liflere ait renk değerleri (*renk verimi ve boya alımı*) değerleri artmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 (*renk verimi 28.5 ve boya alımı %91.1*) ve C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerde en yüksek renk kuvveti değerlerine 90 dakikalık boyama sonucunda ulaşılmıştır (*renk verimi 29.2 ve boya alımı %90.2*). Bu boyamalara ait *K/S-nm* eğrileri incelendiğinde eğriler artan süre ile birlikte artan bir trend sergilemektedir. PTT liflerine ait renk kuvveti (*K/S*) ve kolorimetrik renk özellik (*L**, *a**, *b**, *C**, *h°*) değerleri Tablo 5.42’de verilmiştir.

Tablo 5.42: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

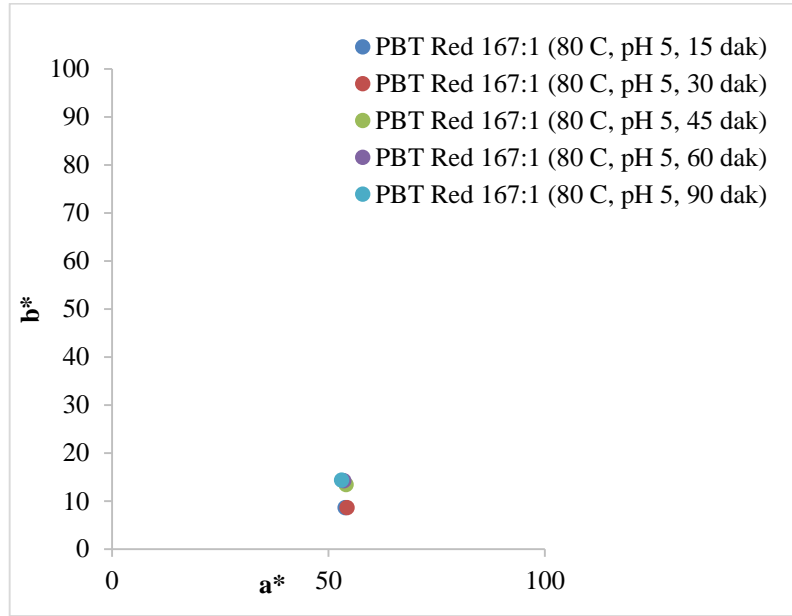
Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			<i>K/S</i>	% BA	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
80	15	5	16,4	49,0	39,37	53,81	8,67	54,5	9,15
	30		20,8	62,7	37,09	54,28	11	55,38	11,4
	45		26,3	86,1	34,68	54,07	13,4	55,71	13,9
	60		27,7	90,2	33,66	53,51	14,3	55,38	14,9
	90		28,5	91,1	33,11	53,05	14,4	54,96	15,2
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
			<i>K/S</i>	% BA	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>h°</i>
80	15	5	16,7	72,0	38,82	50,01	19,1	53,54	20,9
	30		22,7	77,6	35,32	50,1	20,2	54,02	22
	45		26,2	82,8	33,57	50,28	21,5	54,67	23,1
	60		28,4	85,4	32,29	49,31	21,5	53,77	23,5
	90		29,2	90,2	31,66	48,86	21,4	53,36	23,7

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.121, Şekil 5.122, Şekil 5.123 ve Şekil 5.124’de verilmiştir.



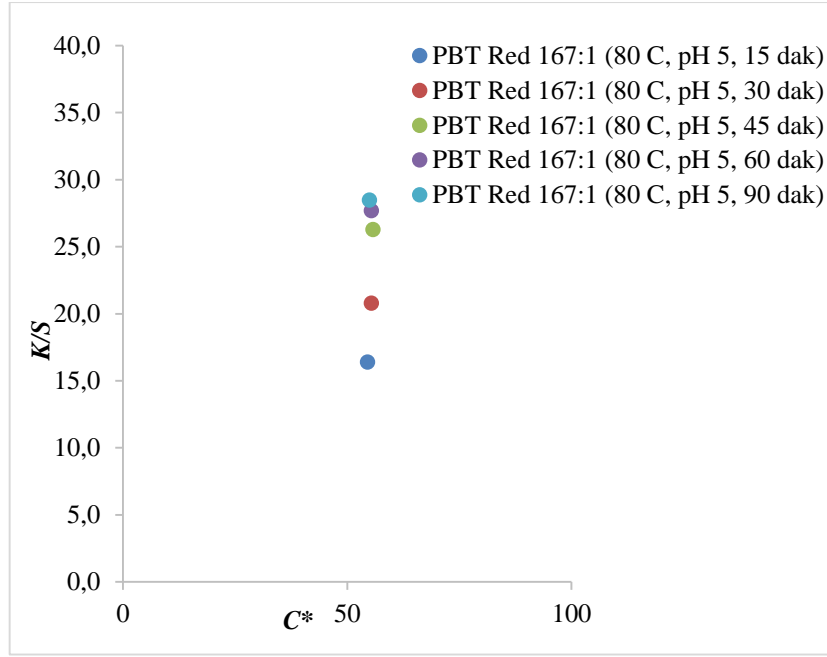
Şekil 5.121: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.121'den görüldüğü PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 ile farklı sürelerde boyanmasından elde edilen eğriler birbirine yakın çıkmıştır. Grafiğe göre tüm boyamalar kırmızı renk tonlarına sahiptir. Bu durum boyamalara ait a^*-b^* grafikleri ve h^o açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek K/S değeri (28.5) konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S (31.2) değerine ulaşamamıştır.



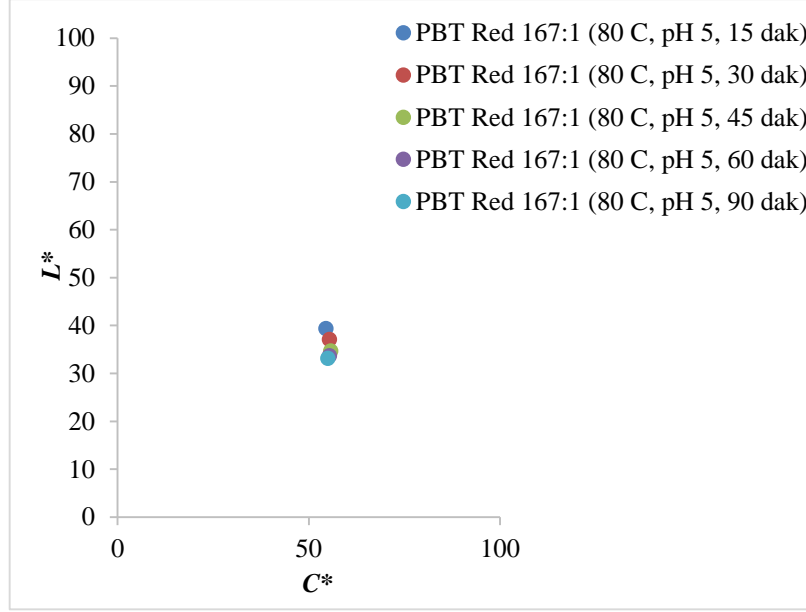
Şekil 5.122: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^*-b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

$\%R-nm$ grafiklerine örtüşen bir biçimde a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerlerine ek olarak h° değerinin de 90° 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakındır fakat 15 ve 30 dakikalık boyamalara ait a^* - b^* değerleri, 45, 60 ve 90 dakikalık gerçekleştirilen boyamalara ait sarılık ve kırmızılık değerlerinden daha düşük kırmızılık ve sarılık değerleri sergilemektedir. Tüm boyamalardan elde edilen boyamaların kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir, sadece arada ton farklı bulunmaktadır.



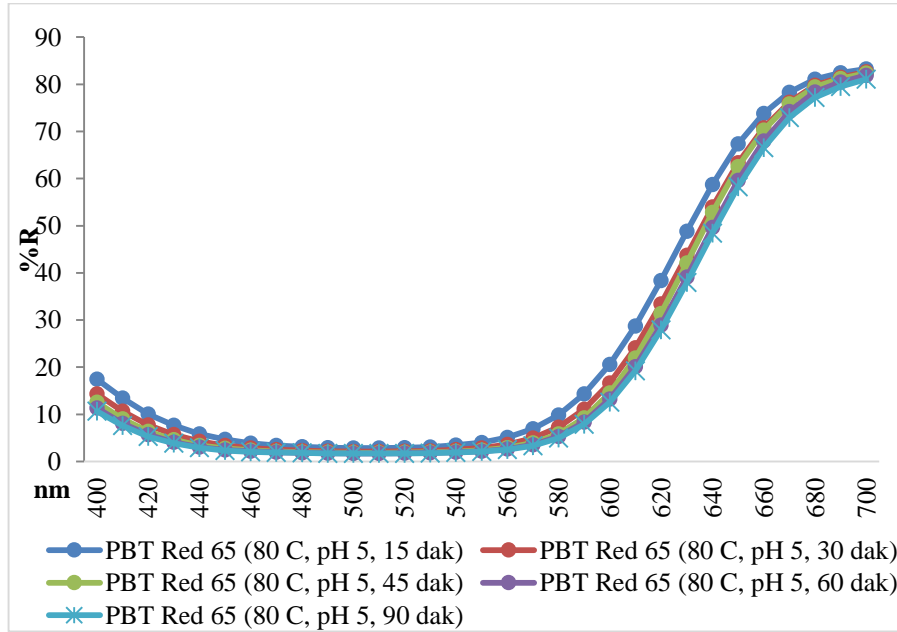
Şekil 5.123: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.123'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ile birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını göstermektedir. Yani süre arttıkça renk koyulaşmaktadır. Bu grafiğe göre en yüksek değerler 90 dakikalık boyamalarda elde edilmiştir. Bu durum Şekil 5.124'deki L^*-C^* grafiğindeki veriler ile ters yönde bir trend izlemektedir. Bu grafikte de görülmektedir ki süre arttıkça liflerin açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır.



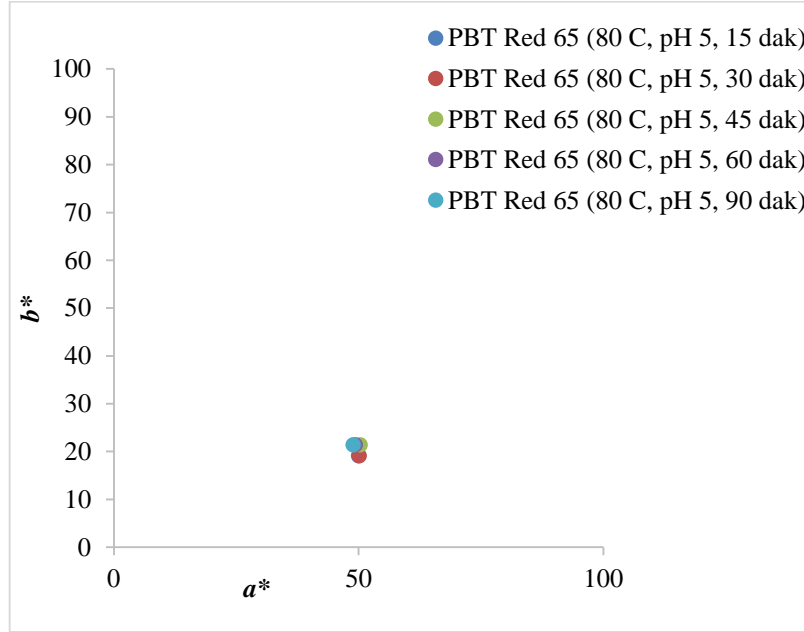
Şekil 5.124: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Tüm şekillerden görüldüğü gibi farklı sürelerde gerçekleştirilmiş boyamalara ait CIE-LAB değerleri farklıdır. PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.125, Şekil 5.126, Şekil 5.127 ve Şekil 5.128'de verilmiştir.



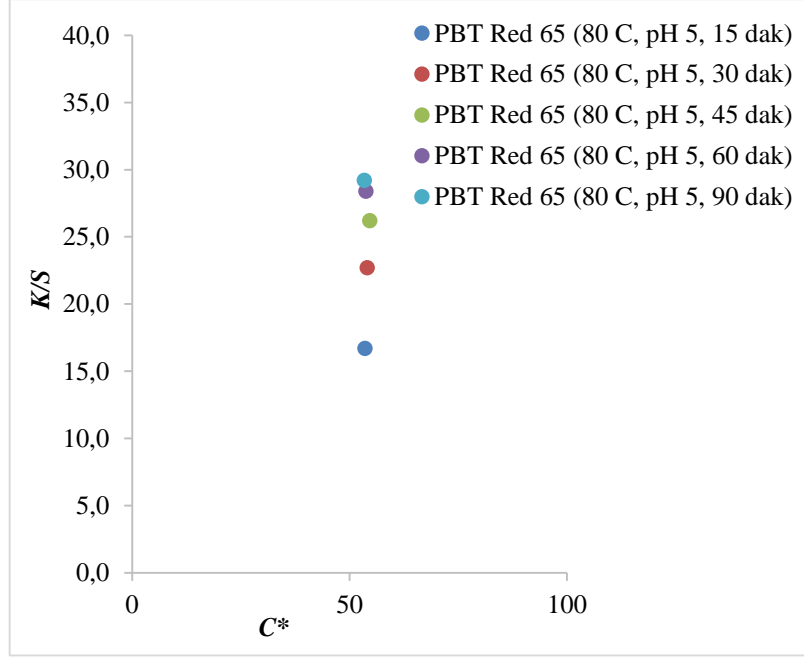
Şekil 5.125: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $\%R$ -nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.125’den görüldüğü gibi PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 ile farklı sürelerde boyanmasından elde edilen eğriler birbirine yakın çıkmıştır. Grafiğe göre tüm boyamalar kırmızı renk tonlarına sahiptir. Bu durum boyamalara ait a^* - b^* grafikleri ve h° açısı incelendiğinde de açıkça görülmektedir. Bu boyama şartlarında elde edilen en yüksek K/S değeri konvensiyonel boyamalarda elde edilen K/S değerlerine ulaşamamıştır.



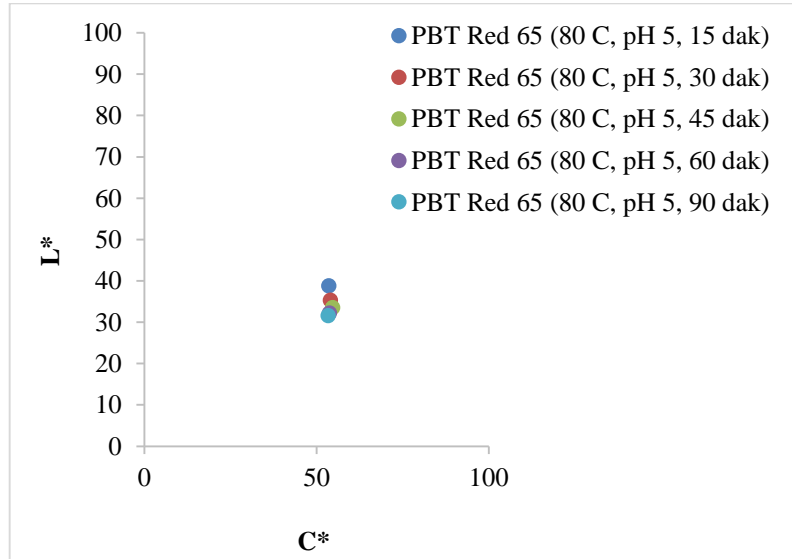
Şekil 5.126: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

$\%R-nm$ grafiklerine örtüşen bir biçimde a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerlerine ek olarak h° değerinin de 90° ’den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakın değerler sergilemektedir. Bu durumda tüm boyanmış liflerin kırmızı tonlarında olduğu söylenebilir.



Şekil 5.127: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait $K/S-C^*$ grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.127'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ile birlikte C^* değerlerinin fazla olmamakla birlikte K/S değerlerinin de arttığını göstermektedir. Yani süre arttıkça renk verimi artmıştır. Bu grafiğe göre en yüksek değerler 90 dakikalık boyamalarda elde edilmiştir.



Şekil 5.128: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

L^*-C^* grafiğinden de görülmektedir ki süre arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri bir miktar düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm şekillerden görüldüğü gibi CIE-LAB değerleri farklı çıkmıştır. Kumaşlar boyandıkları farklı süreler sonucunda farklı renk kuvveti değerleri ve CIE-LAB değerleri sergilemiştir. L^*-C^* grafiklerinden görüldüğü gibi kumaşların C^* değerleri çok farklılık göstermemiş fakat artan süre ile birlikte açıklık-koyuluk değerleri düşmüştür (yani renk koyulaşmıştır). PBT liflerine gerçekleştirilen ultrasonik ve konvensiyonel boyamaların renk değerlerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 5.43).

Tablo 5.43: Ultrasonik banyo yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo ve Konvensiyonel Boyama Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri								
Boyama Şartları			Renk Verimi (K/S) ve Boya Alımı ($\%BA$) Değerleri					
Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Ultrasonik Boyama (UB)		Konvensiyonel Boyama		Konvensiyonel Boyama	
			80°C, 1:30		80°C, 1:30		100°C, 1:30	
			K/S	$\%BA$	K/S	$\%BA$	K/S	$\%BA$
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	15	5	16,4	49,0	8,4	25,8	-	-
	30		20,8	62,7	10,9	29,0	31,2	97,16
	45		26,3	86,1	-	-	30,3	97,29
	60		27,7	90,2	-	-	30,3	97,25
	90		28,5	91,1	15,5	45,2	-	-
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	15		16,7	72,0	9,3	62,21	-	-
	30		22,7	77,6	12,4	65,63	32,4	99,41
	45		26,2	82,8	-	-	32	99,07
	60		28,4	85,4	-	-	31,5	99,11
	90		29,2	90,2	18,5	72,66	-	-

Tablo 5.43 incelendiğinde, ultrasonik banyoda 80°C’de ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi (*C.I. Disperse Red 167:1 için 28.5 ve %91.1’dir- C.I. Disperse Red 65 için ise 29.2 ve %90.2’dir*) ve boyama alımı değerleri konvensiyonel yöntemle 100°C’de 30, 45 ve 60 dakikalarda elde edilmiş boyamaların değerlerine (*C.I. Disperse Red 167:1 için 30,3-31,2 ve %97,16-97,29’dir- C.I. Disperse Red 65 için ise 31,5-32,4 ve %99,07-99,41’dir*) ulaşamamıştır. Fakat aradaki fark çok büyük değildir. Burada unutulmamalıdır ki, ultrasonik boyama işlemi 80°C’de konvensiyonel boyamalar ise 100, 110, 120 ve hatta 130°C’lerde gerçekleştirilmiştir. 100°C’den daha düşük bir sıcaklıkta liflerin neredeyse 100°C’lik renk verimi ve boya alımı değerlerine yaklaşması önemlidir. Ultrason enerjisinin sağladığı etkiyi daha net görebilmek için konvensiyonel yöntemde 80°C’de elde edilmiş boyamalara ait renk bilgileri

ultrasonik boyamaların renk verileri ile karşılaştırılmalıdır. Ultrasonik banyoda 80°C’de ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi ve boya alımı değerleri sırasıyla C.I. Disperse Red 167:1 için 8.4-15.5 ve %25.8-45.2’dir- C.I. Disperse Red 65 için ise 9.3-18.5 ve %62.21-72.66’dır. Konvensiyonel yöntemle 80°C’de 15, 30 ve 90 dakikalarda elde edilmiş boyamaların renk verimleri ve boya alımları sırasıyla C.I. Disperse Red 167:1 için 2.2-4.9 aralığında ve %11.2-20.1 aralığında, C.I. Disperse Red 65 için ise 2.8-6 ve %49.8-59.3 aralığındadır. Bu duruma göre 80°C’de gerçekleştirilmiş ultrasonik boyama işlemi, 80°C’de gerçekleştirilmiş konvensiyonel boyamalara göre daha üstün değerler sergilemiştir. Bu durum aynı sıcaklıklar altında gerçekleştirilen boyamalarda ultrasonik enerjinin konvensiyonel enerjiden daha etkin olabileceğini göstermektedir.

5.3.2 Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Elde Edilen Haslık Değerleri

Bu yöntemle elde edilen boyamaların renk verimleri ve boya alımı değerleri verilmiştir fakat daha etkin bir değerlendirme yapabilmek için haslık değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Tüm PTT ve PBT liflerine uygulanan su haslığı değerleri 5 (çok iyi) çıkmıştır ve tüm değerler 5 olduğu için bir tabloya eklenmemiştir. Liflere ait diğer haslık değerleri ise aşağıda verilmiştir. PTT ve PBT liflerine ait yıkama haslığı değerleri sırasıyla Tablo 5.44 ve Tablo 5.45’de verilmiştir.

Tablo 5.44: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait yıkama haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Yıkama Haslığı Değerleri									
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)									
Boyama Şartları			Yıkama Haslığı Değerleri* (ISO 105:C06 A2S)						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80°C	15	5	5	5	5	5	5	5	5
	30		5	5	5	5	5	5	5
	45		5	5	5	5	5	5	5
	60		5	5	5	5	5	5	5
	90		5	5	5	5	5	5	5
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)									
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80°C	15	5	5	5	5	4/5	5	4/5	5
	30		5	5	5	4/5	5	4/5	5
	45		5	5	5	4/5	5	4/5	5
	60		5	5	5	4/5	5	4/5	5
	90		5	5	5	4/5	5	4/5	5

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

Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT ve PBT liflerinin yıkama haslıkları incelendiğinde, boyanmış liflerinin genel olarak haslık değerlerinin 4/5-5 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu değerler 4'ün üzerindedir ve ticari olarak kabul edilebilir seviyededir.

Tablo 5.45: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait yıkama haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Yıkama Haslığı Değerleri*									
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)									
Boyama Şartları			Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105:C06 A2S)						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	15	5	5	5	5	5	5	5	5
	30		5	5	5	5	5	5	5
	45		5	5	5	5	5	5	5
	60		5	5	5	5	5	5	5
	90		5	5	5	5	5	5	5
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)									
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80°C	15	5	5	5	5	5	5	5	5
	30		5	5	5	5	5	5	5
	45		5	5	5	5	5	5	5
	60		5	5	5	5	5	5	5
	90		5	5	5	5	5	5	5

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

Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerinin yıkama haslıkları incelendiğinde, her iki boyarmadde ile boyanmış PBT liflerinin gri skalaya göre 5 olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler 4'ün üzerindedir ve mükemmel seviyededir. PTT ve PBT liflerine ait sürtme haslığı değerleri sırasıyla Tablo 5.46 ve Tablo 5.47'de verilmiştir.

Tablo 5.46: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri (ISO 105:X12)			
Sıcaklık	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
80°C	15	5	5	5	5	5
	30		5	5	5	5
	45		5	5	5	5
	60		5	5	5	5
	90		5	5	5	5

Tablo 5.46'dan görüldüğü gibi PTT kumaşların sürtme haslığı değerleri tüm boyama şartlarında ve tüm boyarmaddeler için 5 değerini göstermektedir.

Tablo 5.47: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Haslığı Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri* (ISO 105:X12)			
Sıcaklık	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
80°C	15	5	5	4/5	5	4/5
	30		5	4/5	5	4/5
	45		5	4/5	5	4/5
	60		5	4/5	5	4/5
	90		5	4/5	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 5.47'den görüldüğü gibi PBT kumaşların kuru sürtme haslıkları 5-4/5 arasında değerler sergilemiştir. Tüm bu değerler 4'ün üzerindedir ve ticari olarak kabul edilebilir seviyededir.

PTT ve PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri de Tablo 5.48 ve Tablo 5.49'da verilmiştir

Tablo 5.48: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle ve Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	80	15	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
		30		5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
		45		5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
		60		5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
90		4/5		4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük) <th colspan="3">Boyama Şartları</th> <th colspan="7">Konvensiyonel boyamaya ait değerler</th>	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	80	15	5	4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		30		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		45		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		60		4/5	3/4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
90		4/5		3/4	3/4	3/4	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 5.48'e göre C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerine nazaran daha yüksektir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük molekülü bir boyarmaddedir. Lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşmakta ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu durum büyük molekülü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu gerçekleştiren küçük molekülü dispers boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olmaktadır. Dispers boyarmaddelerin naylon ve poliester liflerine ilgisi olduğu için, bu iki lifin multi-lifli kumaş içinde daha çok kirlendiği gözlemlenmiştir.

Tablo 5.49: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle ve Konvensiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	80	15	5	5	5	4/5	4/5	5	5	4/5
		30		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
		45		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
		60		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
		90		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvensiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	4/5	4	3/4	3/4	4	4	4/5
	Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	80	15	5	4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		30		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		45		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		60		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
		90		4/5	4	3/4	3/4	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 5.49'e göre C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT liflerine nazaran daha yüksektir. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük

moleküllü bir boyarmaddedir ve lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşmakta ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu durum büyük moleküllü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu gerçekleştiren küçük moleküllü dispers boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olmaktadır. Dispers boyarmaddelerin naylon ve poliester liflerine ilgisi olduğu için, bu iki lifin multi-lifli kumaş içinde daha çok kirlendiği gözlemlenmiştir.

5.3.3 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyamadan Elde Edilen Renk Değerleri

PTT ve PBT liflerinin boyanmasında kullanılan yeni yöntemlerden biri olarak ultrasonik homojenizer ile boyama sayılabilir. Gerçekleştirilmiş boyamalara ait % boya alımı ve renk verimi değerleri aşağıdadır.

5.3.3.1 PTT Liflerine Ait Renk Değerleri

PTT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.50’de verilmiştir.

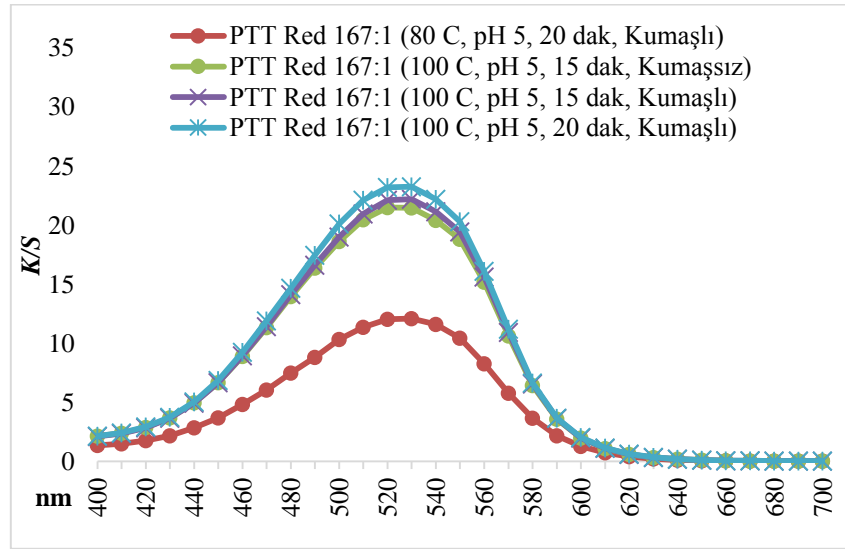
Tablo 5.50: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri							
Boyama Şartları				Renk Verimi (K/S) ve Boya Alımı (%BA) Değerleri			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Durum	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
				K/S	% BA	K/S	% BA
80	20	5	Kumaşlı	12.1	58.3	19.5	83.9
100	15		Kumaşsız *	21.4	89.5	23.0	90.8
100	15		Kumaşlı	22.2	94.1	25.0	94.4
100	20		Kumaşlı	23.2	96.5	26.5	98.7

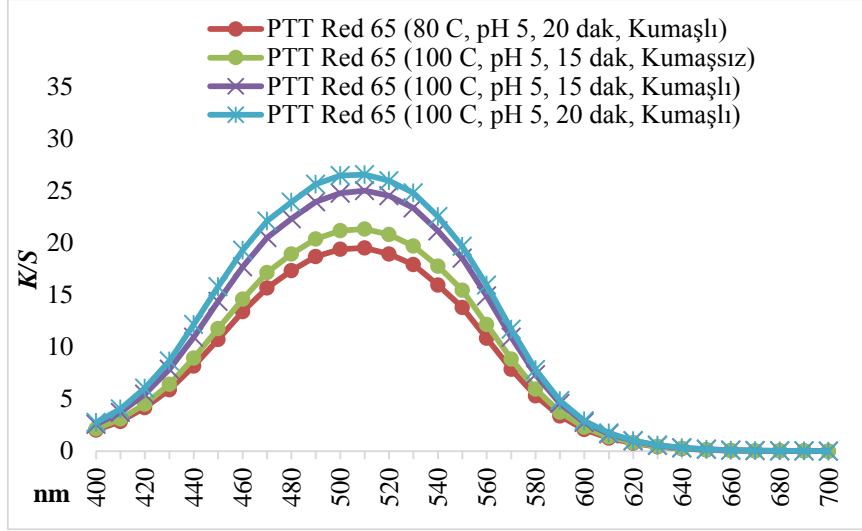
* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C’ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (kumaşlı) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

Tablo 5.50’den görüldüğü gibi PTT lifli kumaşların renk verimi değerleri ve boya alımı değerleri her iki boyarmadde içinde süre ve sıcaklık ile birlikte artmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait renk verimi

değerleri 12.1 ile 23.2, boya alımı değerleri ise %58.3-96.5 aralığında değişmektedir. PTT liflere ait en yüksek renk verimi değeri 100°C'de 20 dakika işlem görmüş kumaşlarda 23.2, boya alımı değeri de %96.5'dir. .C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerin renk verimi değerleri ise 19.5-26.5 ve boya alımı değerleri de %83.9-98.7 aralığından değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerin en yüksek renk verimi değeri 26.5 ve boya alımı değeri de %98.7 ile 100°C'de 20 dakikalık boyama ile elde edilmiştir. C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi daha küçük moleküler yapıya sahip olduğu için boya alımı miktarı C.I. Disperse Red 167:1'e göre biraz daha fazladır. PTT liflerinin bütün boyamalarına ait *K/S-Dalga Boyu (nm)* eğrileri Şekil 5.129 ve Şekil 5.130'da verilmiştir.



Şekil 5.129: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait *K/S-nm* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.130: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

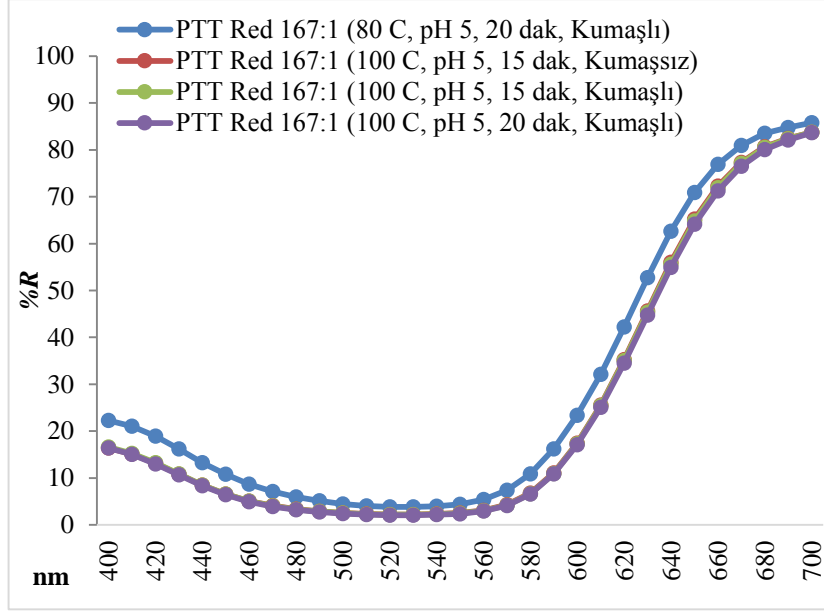
PTT liflerine ait K/S -nm eğrileri incelendiğinde sıcaklık ve süre arttıkça eğrilerde de artış gözlemlenmiştir. Her iki grafikte de en yüksek değerlere 100°C’de 20 dakikalık boyamalarda ulaşılmıştır. PTT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h^o) değerleri Tablo 5.51’de verilmiştir

Tablo 5.51: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			K/S	% BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h^o
80 (kumaşlı)	20	5	12.1	58.3	41.42	52.58	2.81	52.65	3.06
100 (kumaşsız)*	15		21.4	89.5	35.88	53.49	6.89	53.93	7.34
100 (kumaşlı)	15		22.2	94.1	35.69	53.65	6.54	54.05	6.95
100(kumaşlı)	20		23.2	96.5	35.38	53.68	6.65	54.09	7.06
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
			K/S	% BA	L^*	a^*	b^*	C^*	h^o
80 (kumaşlı)	20	5	19.5	83.9	35.65	47.82	15.6	50.29	18
100 (kumaşsız)*	15		23.0	90.8	35	47.65	16	50.25	18.5
100 (kumaşlı)	15		25.0	94.4	32.63	47.5	16.2	50.19	18.9
100(kumaşlı)	20		26.5	98.7	31.96	47.21	16.9	50.16	19.7

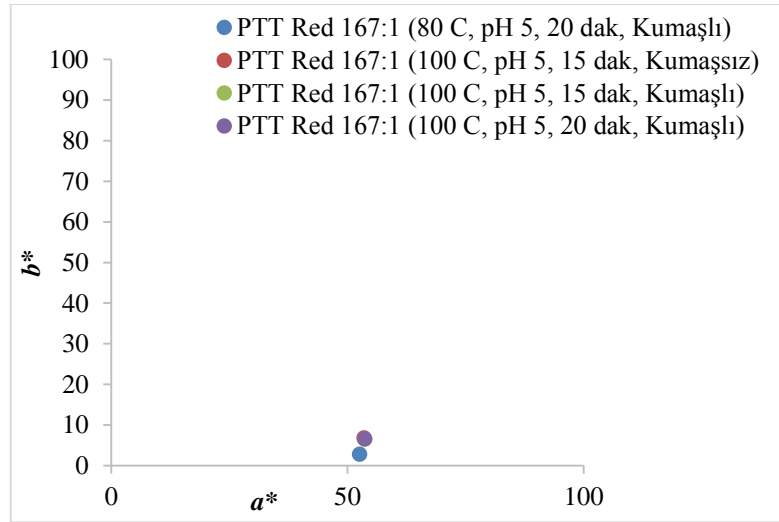
* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C’ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (kumaşlı) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.131, Şekil 5.132, Şekil 5.133 ve Şekil 5.134’de verilmiştir.



Şekil 5.131: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

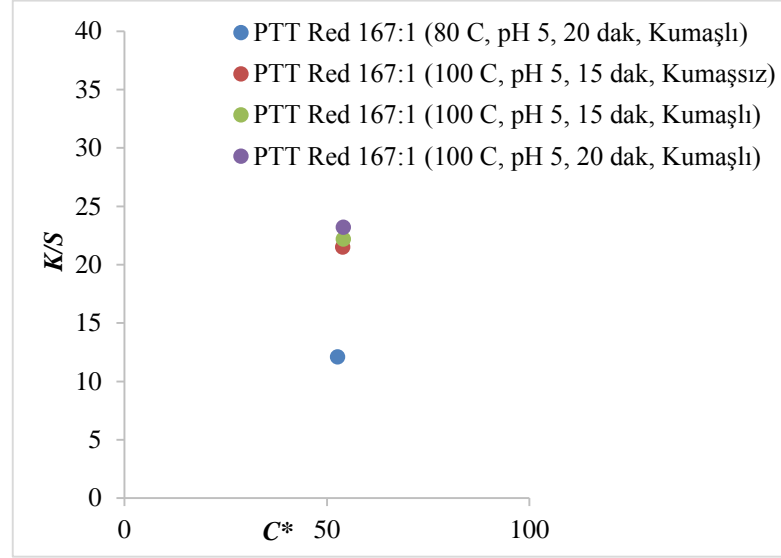
PTT liflerinin boyanmasından elde edilen %R-nm grafiklerinde görülen reflektans eğrileri birbirine yakın çıkmıştır. Reflektans eğrilerine bakıldığında boyanmış PTT liflerinin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.132: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a*-b* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

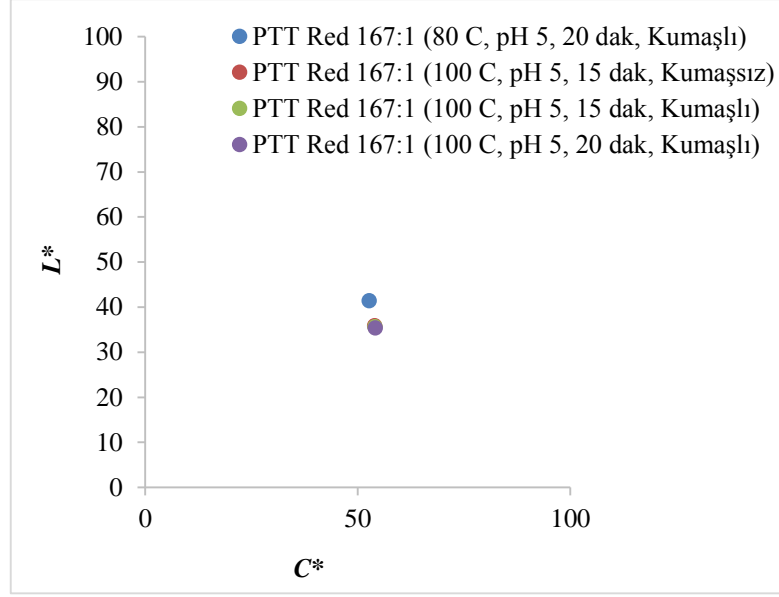
C.I. Disperse Red 167:1 ile PTT liflerinin ölçülen a* (kırmızılık)-b* (sarılık) değerleri yanında h° değerinin de 90°'den küçük olması, liflerin kırmızı tonlarında olduğunu göstermektedir. Bu durum yukarıda bahsedilen liflerin remisyon eğrileri

ile de örtüşmektedir. Ayrıca bütün boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir. Sadece 80°C’de 15 dakika işlem yapılmış liflerin diğer liflere göre a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri biraz daha düşüktür. Bu durum bu şartlarda boyanmış liflerin biraz daha açık bir kırmızı tonunda olduğunu göstermektedir.



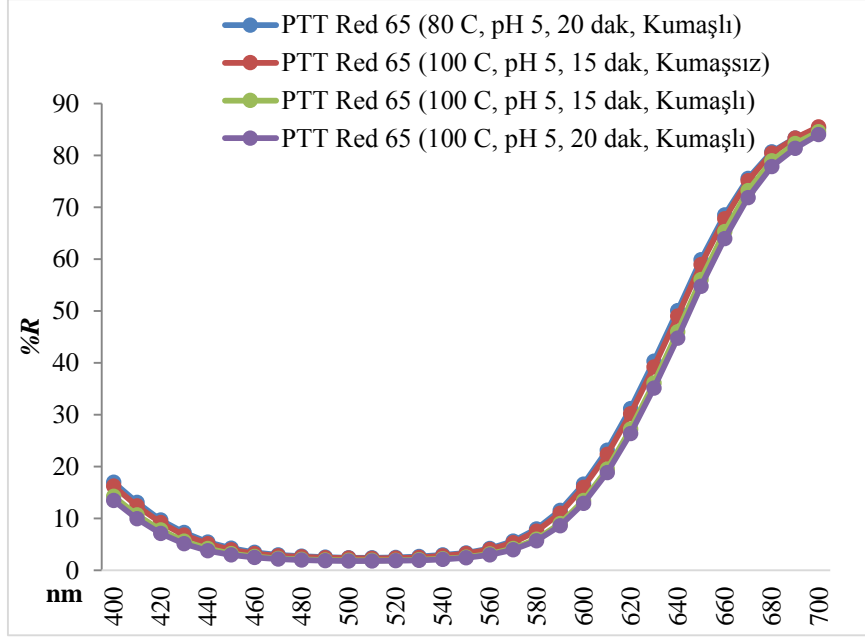
Şekil 5.133: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.133’deki veriler PTT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve sıcaklıkla birlikte C^* değerlerinin ve K/S değerlerinin arttığını yani süre arttıkça rengin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değere 80°C’de 20 dakikalık boyamada, en yüksek değerlere de 100°C’de 20 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



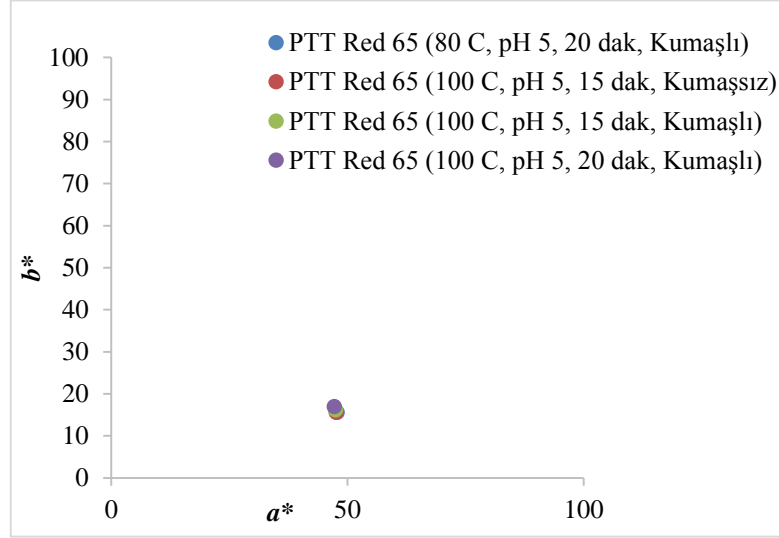
Şekil 5.134: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^* - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.134'deki grafikten de görülmektedir ki süre ve sıcaklık arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm şekillerden görüldüğü gibi boyanmış liflere ait CIE-LAB değerleri bir miktar farklı çıkmaktadır. Tüm grafiklerde en üstün şart olarak gözlemlenen 100°C 'de 20 dakikalık boyamaya ait renk verimi (23.2) ve boya alımı (%96.5) değerleri konvansiyonel boyamada elde edilmiş renk değerlerine (*renk verimi 23.0, boya alımı %97.15*) çok yakın değerler sergilemektedir. Bu durumda bu şartlar altında gerçekleştirilen boyamalar renk değerleri bakımından konvansiyonel boyamalar yerine kullanılabilir. PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.135, Şekil 5.136, Şekil 5.137 ve Şekil 5.138'de verilmiştir.



Şekil 5.135: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

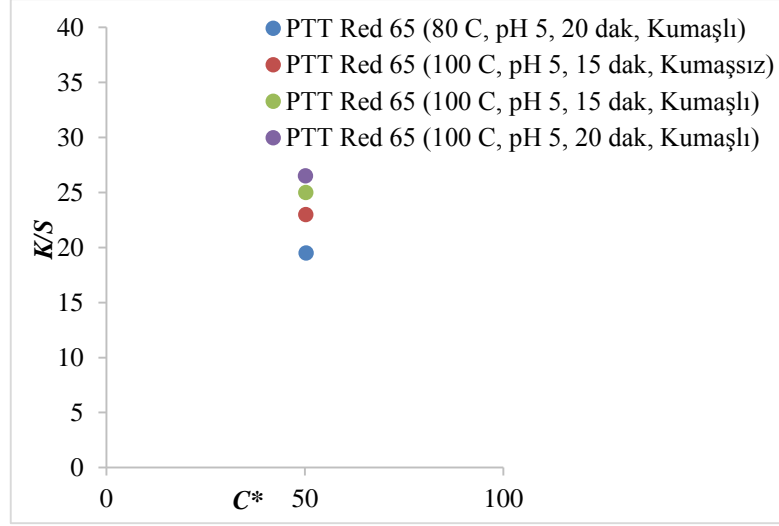
PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 ile boyanmasından elde edilen %R-nm grafiklerinden de gözlemlendiği gibi reflektans eğrileri birbirine yakın çıkmıştır. Reflektans eğrilerine bakıldığında boyanmış PTT liflerinin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 5.136: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait a*-b* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

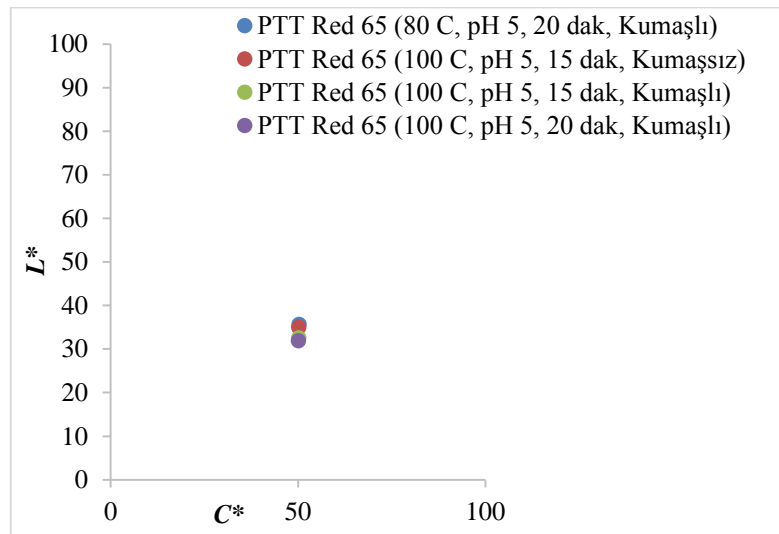
Bütün boyamalara ait a* (kırmızılık)-b* (sarılık) değerleri birbirine çok yakındır. C.I. Disperse Red 65 ile gerçekleştirilmiş boyamalara ait a* (kırmızılık)-

b^* (sarılık) değerleri yanında h^o değerinin de 90^o 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu sonuç liflerin reflektans eğrilerinden elde edilen sonuç ile de benzerdir.



Şekil 5.137: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.137'deki veriler PTT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve sıcaklıkla birlikte K/S değerlerinin arttığını yani süre arttıkça rengin koyulaştığını göstermektedir. Kroma değeri (C^*) çok değişmemektedir. Bu grafiğe göre en düşük değere 80^oC 'de 20 dakikalık boyamada, en yüksek değerlere de 100^oC 'de 20 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



Şekil 5.138: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait L^* - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.138'deki grafikten de görülmektedir ki süre ve sıcaklık arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri bir miktar düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm grafiklerde en üstün şart olarak gözlemlenen 100°C'de 20 dakikalık boyamaya ait renk verimi (26.5) ve boya alımı (%98.7) değerleri konvansiyonel boyamada elde edilmiş renk değerlerine (*renk verimi 26.3, boya alımı %99.05*) çok yakın değerler sergilemektedir. Bu durumda bu şartlar altında gerçekleştirilen boyamalar renk değerleri bakımından konvansiyonel boyamalar yerine kullanılabilir. PTT liflerine gerçekleştirilen ultrasonik ve konvansiyonel boyamalara ait renk değerlerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 5.52).

Tablo 5.52: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri										
Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Ultrasonik Homojenizer (UH) Boyama Renk Değerleri				Konvansiyonel Boyama Renk Değerleri			
			80°C, 1:30		100°C, 1:30		80°C, 1:30		100°C, 1:30	
			K/S	%BA	K/S	%BA	K/S	%BA	K/S	%BA
C.I. Disperse Red 167:1 (High)	15 (kumaşsız*)	5	-	-	21,4	89,5	-	-	-	-
	15 (kumaşlı)		-	-	22,2	94,1	2,2	11,2	-	-
	20 (kumaşlı)		12,1	58,3	23,2	96,5	-	-	-	-
	30 (kumaşlı)		-	-	-	-	3,4	15,3	23,0	97,15
C.I. Disperse Red 65 (Low)	15 (kumaşsız*)		-	-	23,0	90,8	-	-	-	-
	15 (kumaşlı)		-	-	25,0	94,4	2,8	49,8	-	-
	20 (kumaşlı)		19,5	83,9	26,5	98,7	-	-	-	-
	30 (kumaşlı)		-	-	-	-	4,6	56,2	26,3	99,05

* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

Tablo 5.52 incelendiğinde, ultrasonik banyoda 100°C'de 20 dakika ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi (*C.I. Disperse Red 167:1 için 23.2 ve %96.5'dir- C.I. Disperse Red 65 için 26.5 ve %98.7'dir*) ve boyama alımı değerleri konvansiyonel yöntemle 100°C'de 30 dakikada elde edilmiş boyamaların değerlerine (*C.I. Disperse Red 167:1 için 23.0 ve %97.15- C.I. Disperse Red 65 için ise 26,3ve %99,05*) ulaşmıştır. Ultrasonik banyoda 80°C'de 20 dakika ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi ve boyama alımı değerleri (*C.I. Disperse Red 167:1 için 12.1 ve %58.3'dir- C.I. Disperse Red 65 için 19.5 ve %83.9'dur*) konvansiyonel yöntemle 80°C'de 15 ve 30 dakikalarda elde edilmiş boyamaların değerlerinin (*C.I. Disperse Red 167:1 için 2.2-3.4 ve %11.2-15.3'dür- C.I. Disperse*

Red 65 için ise 2.8-4.6 ve %49.8-56.2'dir) üstünde değerler sergilemiştir. Bu durum boyama sıcaklığı boya alımının az olduğu 80°C iken ultrason enerjisinin konvansiyonel yöntemlerden çok daha iyi sonuçlar sergilediğini göstermektedir. Bu durum ultrasonik banyoda gerçekleştirilen boyamalarda elde edilmiş sonuçlara benzerdir. Fakat boyama sıcaklığı 100°C'ye çıktığında ise ultrasonik homojenizerli ve konvansiyonel boyama yöntemine ait sonuçların renk verimi ve boya alımı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir bu durum ultrason enerjisinin süreden tasarruf sağlayabileceğini göstermektedir.

5.3.3.2 PBT Liflerine Ait Renk Değerleri

PBT liflerine ait renk verimi değerleri Tablo 5.53'de verilmiştir.

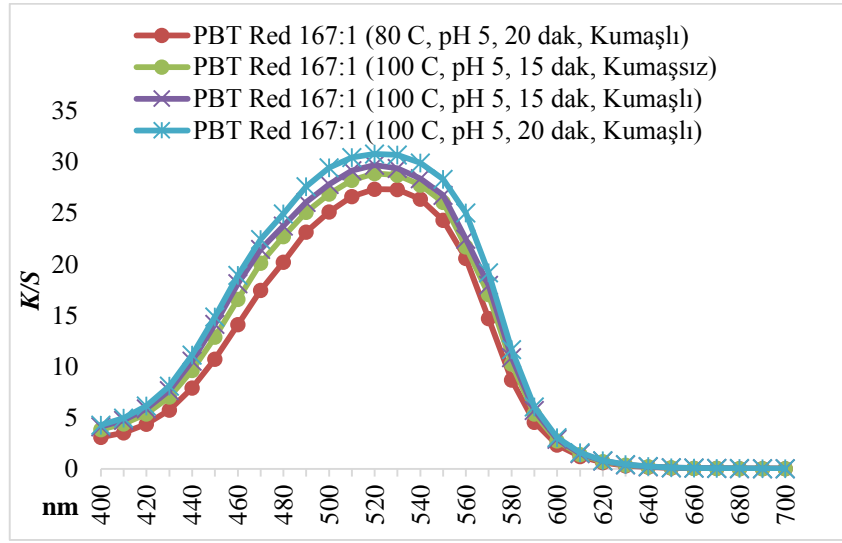
Tablo 5.53: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait renk verimi ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri							
Boyama Şartları				Renk Özellikleri			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Durum	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
				K/S	% BA	K/S	% BA
80	20	5	Kumaşlı	27,4	88,7	26,5	82,9
100	15		Kumaşsız*	28,9	89,7	27	83,2
100	15		Kumaşlı	29,7	94,6	30,7	93,4
100	20		Kumaşlı	30,8	95,2	32,1	98,8

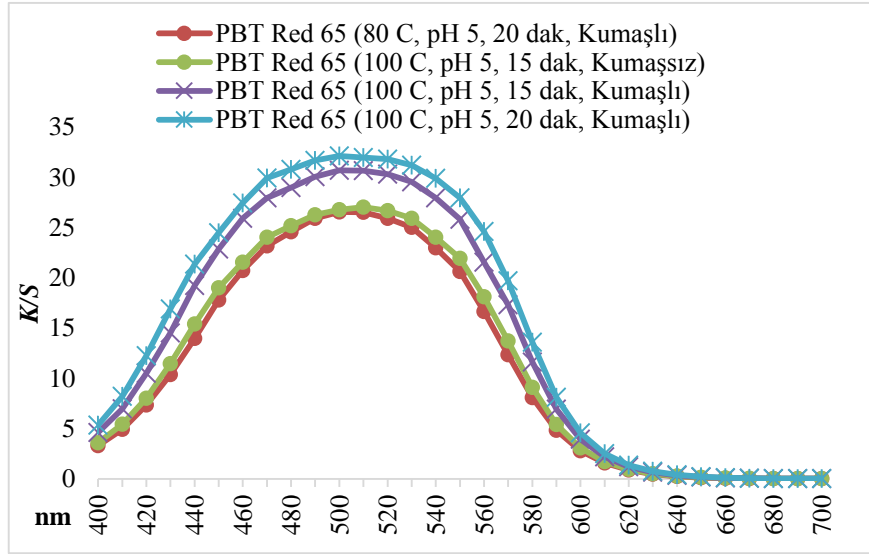
* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

PBT lifli kumaşların renk verimi değerleri ve boya alımı değerleri her iki boyarmadde içinde süre ve sıcaklık ile birlikte artmıştır. C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT liflerine ait renk verimi değerleri 27.4 ile 30.8, boya alımı değerleri ise %88.7-95.2 aralığından değişmektedir. PBT liflerine ait en yüksek renk verimi değeri 100°C'de 20 dakika işlem görmüş kumaşlarda 30.8, boya alımı değeri de %95.2'dir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerin renk verimi değerleri ise 26.5-32.1 ve boya alımı değerleri de %82.9-98.8 aralığından değişmektedir. C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış liflerin en yüksek renk verimi değeri 32.1 ve boya alımı değeri de %98.8 ile 100°C'de 20 dakikalık boyama ile elde edilmiştir. C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi daha küçük moleküler yapıya sahip olduğu için boya alımı miktarı C.I. Disperse Red 167:1'e göre biraz daha fazladır. PBT

liflerinin bütün boyamalarına ait K/S -Dalga Boyu (nm) eğrileri Şekil 5.139 ve Şekil 5.140'da verilmiştir.



Şekil 5.139: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)



Şekil 5.140: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S -nm grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

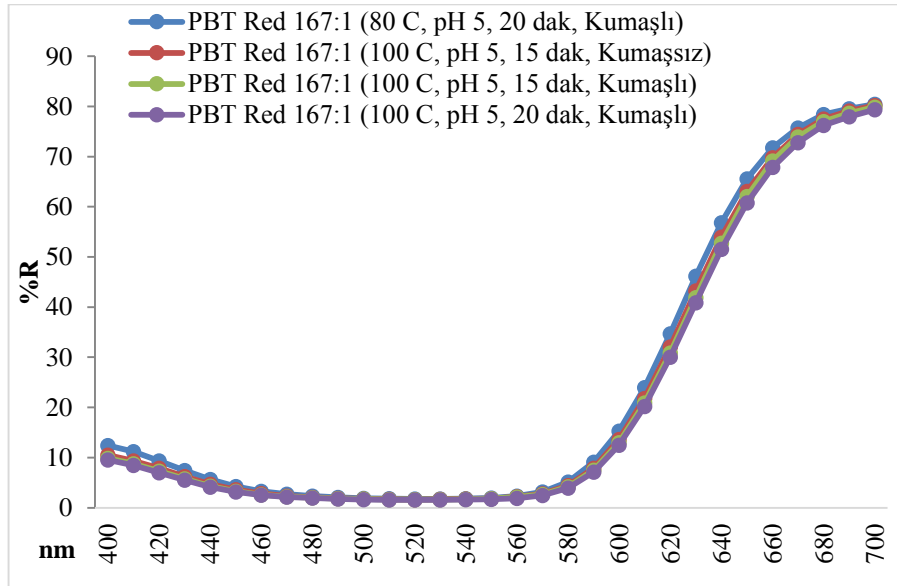
PBT liflerine ait K/S -nm eğrileri incelendiğinde sıcaklık ve süre arttıkça eğrilerde bir miktar artış gözlemlenmiştir. Her iki grafikte de en yüksek değerlere 100°C'de 20 dakikalık boyamalarda ulaşılmıştır. PBT liflerine ait renk kuvveti (K/S) ve kolorimetrik renk özellik (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) değerleri Tablo 5.54'de verilmiştir.

Tablo 5.54: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait CIELAB değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri									
Boyama Şartları			Renk Özellikleri						
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
			K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
80 (kumaşlı)	20	5	27,4	88,7	34,01	54,17	13,6	55,85	14,1
100 (kumaşsız)*	15		28,9	89,7	32,66	52,83	15,2	54,95	16
100 (kumaşlı)	15		29,7	94,6	32,1	52,23	15,9	54,59	16,9
100(kumaşlı)	20		30,8	95,2	31,53	52,03	15,9	54,4	17
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
			K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
80 (kumaşlı)	20	5	26,5	82,9	32,51	48,65	20,4	52,75	22,7
100 (kumaşsız)*	15		27	83,2	31,74	48,25	20,5	52,4	23
100 (kumaşlı)	15		30,7	93,4	29,52	46,72	20,5	51,02	23,7
100(kumaşlı)	20		32,1	98,8	28,34	45,87	20,3	50,16	23,9

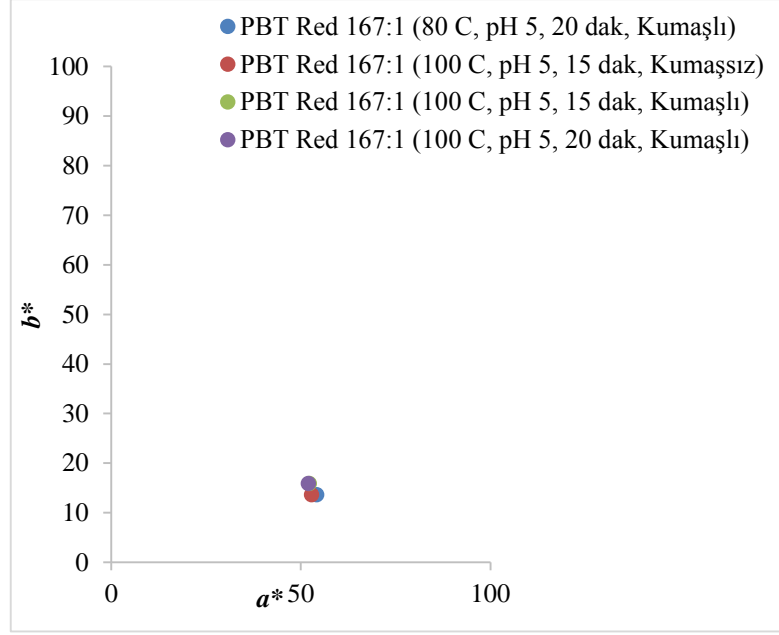
* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (kumaşlı) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.141, Şekil 5.142, Şekil 5.143 ve Şekil 5.144'de verilmiştir.



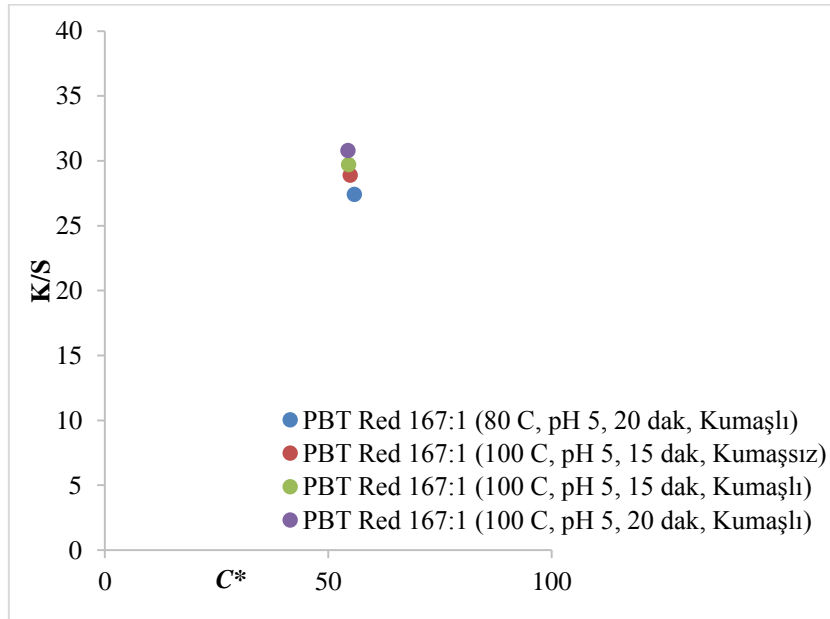
Şekil 5.141: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

PBT liflerinin boyanmasından elde edilen %R-nm grafiğinden de görüldüğü gibi reflektans eğrileri birbirine yakın çıkmıştır ve birbiriyle örtüşmektedir. Reflektans eğrilerine bakıldığında boyanmış PBT liflerinin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmektedir.



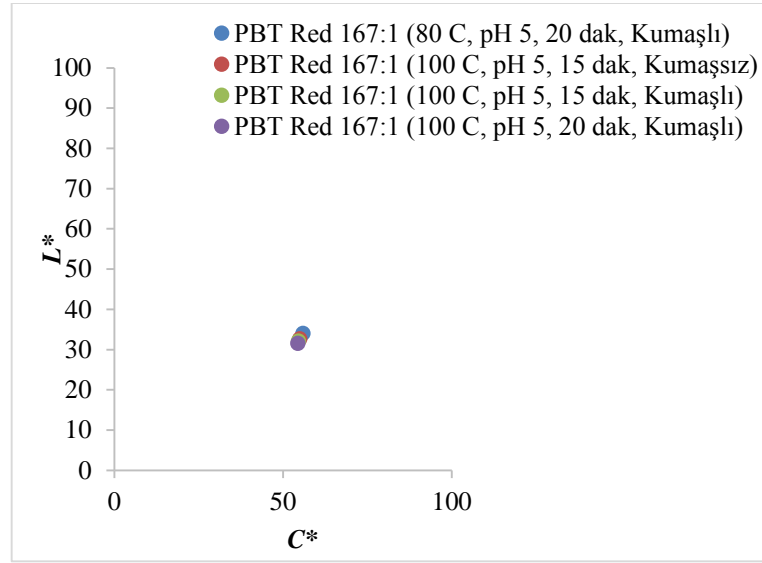
Şekil 5.142: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Şekil 5.142’de PBT liflerine ait ölçülen a^* (*kırmızılık*)- b^* (*sarılık*) değerleri yanında h° değerinin de 90° ’den küçük olması, liflerin kırmızı tonlarında olduğunu göstermektedir. Bütün boyamalara ait a^* (*kırmızılık*)- b^* (*sarılık*) değerleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir. Bu durum bütün boyanmış liflerin birbirine benzer kırmızı tonlarında olduğunu göstermektedir.



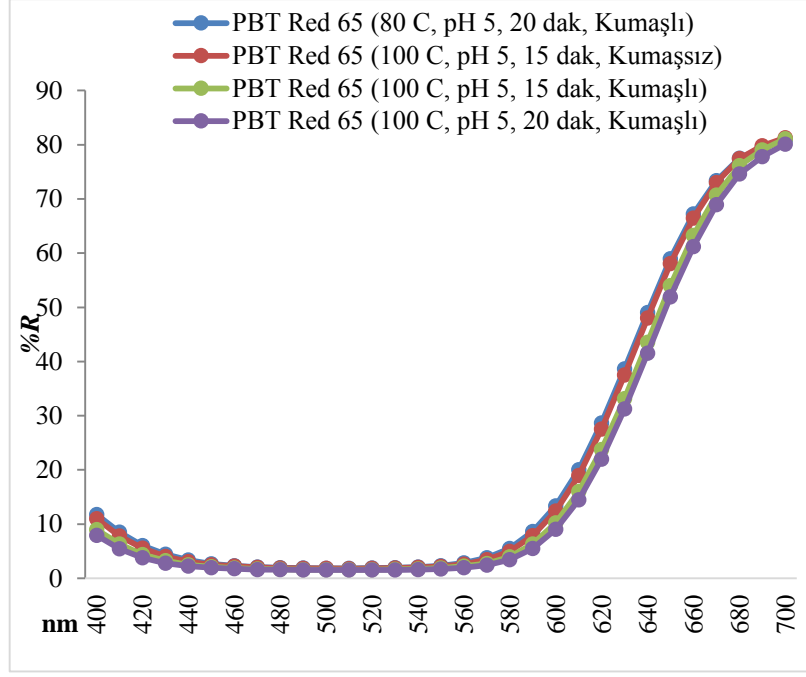
Şekil 5.143: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

PBT liflerinin C.I. Disperse Red 167:1 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve sıcaklıkla birlikte K/S değerlerinin arttığını, C^* değerinin aynı kaldığını yani süre arttıkça rengin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değere 80°C’de 20 dakikalık boyamada, en yüksek değerlere de 100°C’de 20 dakikalık boyamada ulaşılmıştır. PBT liflerine ait L^*-C^* grafiğinde de görülmektedir ki süre ve sıcaklık arttıkça kumaşların azda olsa açıklık-koyuluk (L^*) değerleri düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır.



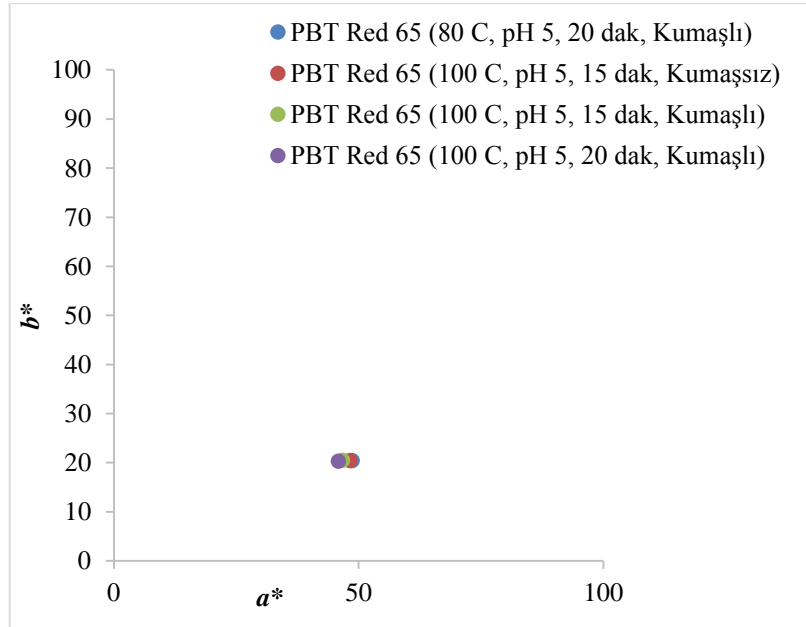
Şekil 5.144: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^*-C^* grafiği (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Tüm grafiklerde en üstün şart olarak gözlemlenen 100°C’de 20 dakikalık boyamaya ait renk verimi (30.8) ve boya alımı (%95.2) değerleri konvansiyonel boyamada elde edilmiş renk değerlerine (*renk verimi 31.2, boya alımı %97.06*) çok yakın değerler sergilemektedir. Bu durumda bu şartlar altında gerçekleştirilen boyamalar renk değerleri bakımından konvansiyonel boyamalar yerine kullanılabilir. PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyanmasında elde edilen CIE-LAB grafikleri Şekil 5.145, Şekil 5.146, Şekil 5.147 ve Şekil 5.148’de verilmiştir.



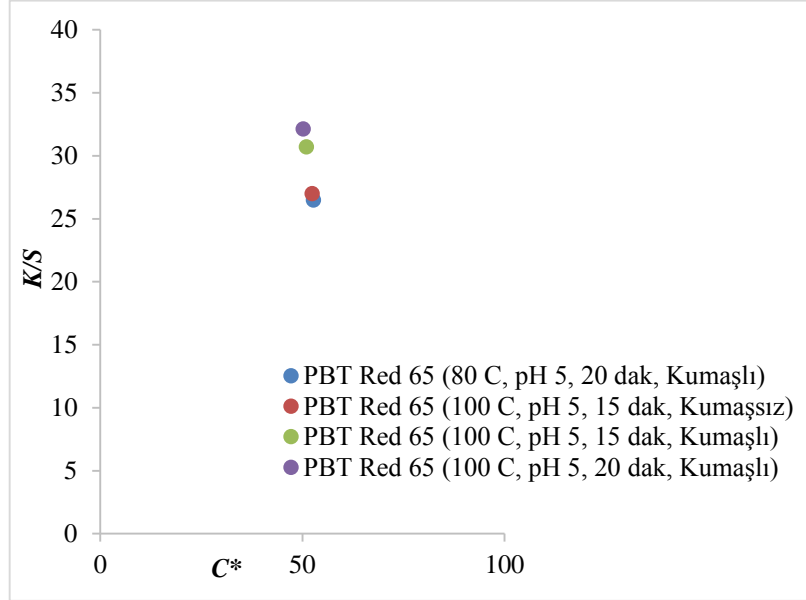
Şekil 5.145: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait %R-nm diyagramı (C.I. Disperse Red 65 için)

C.I. Disperse Red 65 ile PBT liflerinin boyanmasından elde edilen %R-nm grafiklerinden de gözlemlendiği gibi reflektans eğrileri birbirine yakın çıkmıştır ve liflerinin kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmektedir.



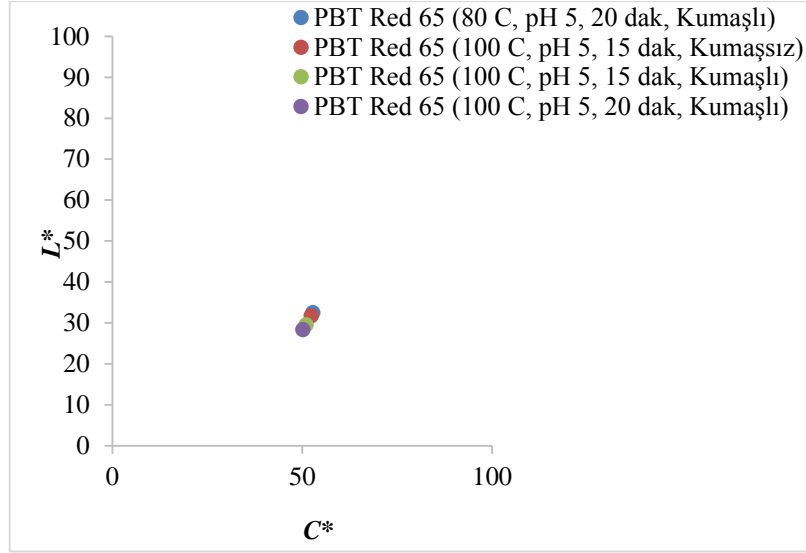
Şekil 5.146: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait a^* - b^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PBT liflerinin bütün boyamalarına ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri birbirine yakındır. C.I. Disperse Red 65 ile gerçekleştirilmiş boyamalara ait a^* (kırmızılık)- b^* (sarılık) değerleri yanında h^o değerinin de 90^o 'den küçük olması liflerin kırmızı tonlarda olduğunu göstermektedir. Bu sonuç liflerin reflektans eğrilerinden elde edilen sonuç ile de benzerdir.



Şekil 5.147: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait K/S - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

Şekil 5.147'deki veriler PBT liflerinin C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi ile boyandığında artan süre ve sıcaklıkla birlikte K/S değerlerinin arttığını yani süre arttıkça rengin koyulaştığını göstermektedir. Bu grafiğe göre en düşük değere 80^oC 'de 20 dakikalık boyamada, en yüksek değerlere de 100^oC 'de 20 dakikalık boyamada ulaşılmıştır.



Şekil 5.148: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait L^* - C^* grafiği (C.I. Disperse Red 65 için)

PBT liflerine ait L^* - C^* grafiğinden de görülmektedir ki süre ve sıcaklık arttıkça kumaşların açıklık-koyuluk (L^*) değerleri bir miktar düşmektedir yani renk koyulaşmaktadır. Tüm grafiklerde en üstün şart olarak gözlemlenen 100°C 'de 20 dakikalık boyamaya ait renk verimi (32.1) ve boya alımı (%98.8) değerleri konvansiyonel boyamada elde edilmiş renk değerlerine (*renk verimi 32.4, boya alımı %99.41*) çok yakın değerler sergilemektedir. Bu durumda bu şartlar altında gerçekleştirilen boyamalar renk değerleri bakımından konvansiyonel boyamalar yerine kullanılabilir. PBT liflerine gerçekleştirilen ultrasonik ve konvansiyonel boyamaların renk değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.55'de verilmiştir.

Tablo 5.55: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait renk kuvveti ve boya alımı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Renk Değerleri										
Boyarmadde	Boyama Süresi (dak)	pH	Ultrasonik Boyama		Ultrasonik Boyama		Konvansiyonel Boyama		Konvansiyonel Boyama	
			80°C, 1:30		100°C, 1:30		80°C, 1:30		100°C, 1:30	
			K/S	%BA	K/S	%BA	K/S	%BA	K/S	%BA
C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)	15 (kumaşsız)	5	-	-	28,9	89,7	-	-	-	-
	15 (kumaşlı)		27,4	88,7	29,7	94,6	8,4	25,8	-	-
	20 (kumaşlı)		-	-	30,8	95,2	-	-	-	-
	30 (kumaşlı)		-	-	-	-	10,9	29,0	31,2	97,16
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	15 (kumaşsız)		-	-	27	83,2	-	-	-	-
	15 (kumaşlı)		-	-	30,7	93,4	9,3	62,21	-	-
	20 (kumaşlı)		26,5	82,9	32,1	98,8	-	-	-	-
	30 (kumaşlı)		-	-	-	-	12,4	65,63	32,4	99,41

* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C 'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir

Tablo 5.55 incelendiğinde, PBT liflerinin ultrasonik homojenizer ile 100°C’de 15-20 dakika ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi ((*C.I. Disperse Red 167:1 için 30.8 ve %95.2’dir- C.I. Disperse Red 65 için 32.1 ve %98.8’dir*) ve boyama alımı değerleri konvensiyonel yöntemle 100°C’de 30 dakikada elde edilmiş boyamaların değerlerine ((*C.I. Disperse Red 167:1 için 31.2 ve %97.16’dur- C.I. Disperse Red 65 için ise 32.4 ve %99.41’dir*) ulaşmıştır. Ultrasonik banyoda 80°C’de 20 dakika ultrason enerjisi kullanılarak elde edilmiş boyamaların sergiledikleri en yüksek renk verimi ve boyama alımı değerleri ise (*C.I. Disperse Red 167:1 için 27.4 ve %88.7’dir- C.I. Disperse Red 65 için 26.5 ve %82.9’dur*) konvensiyonel yöntemle 80°C’de 15 ve 30 dakikalarda elde edilmiş boyamaların değerlerinin (*C.I. Disperse Red 167:1 için 8.4-10.9 ve %25.8-29.0’dır- C.I. Disperse Red 65 için 9.3-12.4 ve %62.21-65.63 aralığındadır*) üstünde değerler sergilemiştir. Bu durum boyama sıcaklığı boya alımının az olduğu 80°C iken ultrason enerjisinin konvensiyonel yöntemlerden daha iyi sonuçlar sergilediğini göstermektedir. Bu durum ultrasonik banyoda gerçekleştirilen boyamalarda elde edilmiş sonuçlara benzerdir ve örtüşmektedir. Sıcaklık 100°C’ye çıktığında ise renk verimi ve boya alımı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

5.3.4 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Elde Edilen Haslık Değerleri

Bu yöntemle elde edilen boyamaların renk verimleri ve boya alımı değerleri verilmiştir fakat daha etkin bir değerlendirme yapabilmek için haslık değerlerinin de incelenmesi gerekmektedir. Tüm PTT ve PBT liflerine uygulanan su, yıkama, asidik ve bazik ter haslığı değerleri 5 (çok iyi) çıkmıştır. Bu nedenle tablo üzerinde gösterilmemiştir. Liflere ait diğer haslık değerleri ise aşağıda verilmiştir.

PTT ve PBT liflerine ait sürtme haslığı değerleri sırasıyla Tablo 5.56 ve Tablo 5.57’de verilmiştir.

Tablo 5.56: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri (ISO 105: X12)			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
80	20 (kumaşlı)	5	5	5	5	5
100	15 (kumaşsız)*		5	5	5	5
100	15 (kumaşlı)		5	5	5	5
100	20 (kumaşlı)		5	5	5	5

* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir

Tablodan görüldüğü gibi PTT kumaşların sürtme haslığı değerleri tüm boyama şartlarında ve tüm boyarmaddelerde 5 değerini göstermektedir.

Tablo 5.57: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait sürtme haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Sürtme Değerleri						
Boyama Şartları			Sürtme Haslığı Değerleri (ISO 105: X12)			
Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)		C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	
			Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
80	20 (kumaşlı)	5	5	4/5	5	5
100	15 (kumaşsız)*		5	4/5	5	5
100	15 (kumaşlı)		5	4/5	5	4/5
100	20 (kumaşlı)		5	4/5	5	5

* Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir

Tablodan (Tablo 5.57) görüldüğü gibi PBT kumaşların ise kuru sürtme haslığı değerleri 5-4/5 arasında değerler sergilemiştir. Tüm değerler 4'ün üzerindedir ve ticari olarak kabul edilebilir değerlerdedir.

PTT ve PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri de Tablo 5.58 ve Tablo 5.59'da verilmiştir.

Tablo 5.58: Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80	15	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
100	15**		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
100	15		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
100	20		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	4/5	4	3	3/4	4	4	4
	Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80	15	5	4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5	
100	15**		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5	
100	15		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5	
100	20		4/5	4	3/4	3/4	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).

** Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (*kumaşlı*) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

Tablo 5.58'e göre C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PTT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PTT liflerine nazaran daha yüksektir. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük moleküllü bir boyarmaddedir. Lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşmakta ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu durum büyük moleküllü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur.

Tablo 5.59: Ultrasonik banyo yöntemiyle boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerlerinin karşılaştırılması

Ultrasonik Banyo Yöntemiyle ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Süblimasyon Haslığı Değerleri										
Süblimasyon Haslığı Değerleri* (EN ISO 105-X11)										
C.I. Disperse Red 167:1	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	100	30	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler						
	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
	80	15	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	100	15**		5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	100	15		5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	100	20		5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)	Boyama Şartları			Konvansiyonel boyamaya ait değerler					
Sıcaklık (°C)		Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
100		30	5	4/5	4	3/4	3/4	4	4	4/5
Boyama Şartları			Ultrasonik banyo ile boyamaya ait değerler							
Sıcaklık (°C)		Süre (dak)	pH	Yün	Akrilik	Poliester	Naylon 6.6	Pamuk	Asetat	Renk değişimi
80		15	5	4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
100		15**		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
100		15		4/5	4	3/4	3/4	4/5	4/5	4/5
100		20		4/5	4	3/4	3/4	4	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).

** Bu durumda boya banyosunun sıcaklığı 100°C'ye yükseltildikten sonra kumaş ilave edilmiş ve 15 dakika ultrasonik enerji uygulanmıştır. Diğer boyamalarda (kumaşlı) kumaş, boya banyosuna boyamanın başında eklenmiştir.

Tablo 5.59'e göre C.I. Disperse Red 167:1 ile boyanmış PBT liflerine ait süblimasyon haslığı değerleri C.I. Disperse Red 65 ile boyanmış PBT liflerine nazaran daha yüksektir. Çünkü C.I. Disperse Red 65 boyarmaddesi küçük moleküllü bir boyarmaddedir ve lif ısıya maruz kaldığında bu boyarmadde daha yüksek kinetik enerjiye ulaşmakta ve lifin içinden kolayca çıkıp süblime olabilmektedir. Bu durum büyük moleküllü olması nedeniyle C.I. Disperse Red 167:1 için daha zordur. Bu durum daha çok sayıda boyarmadde süblimasyonu gerçekleştiren küçük moleküllü dispers boyarmaddenin (C.I. Disperse Red 65) süblimasyon haslıklarının daha düşük olmasına neden olmaktadır.

5.3.5 Ultrasonik Homojenizer Yöntemiyle Elde Edilen Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri

Bu boyama yöntemiyle boyama işlemini sadece haslık ve renk verileri ile değerlendirmek doğru değildir. Bu nedenle kumaşa uygulanan işlemlerin kumaşa

ve kumaşın elastikiyetine zarar verip vermediği de araştırılmıştır. Numunelere uygulanan elastikiyet ve mukavemet testlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Liflere farklı sıcaklıklarda ve sürelerde uygulanmış boyamalara ait elastikiyet ve mukavemet değerleri ham kumaşların mukavemet ve elastikiyet değerlerinden bir miktar yüksek çıkmıştır. Bu durum beklenmedik şekilde boyama işlemlerinin kumaşların mukavemet ve elastikiyetini arttırdığını göstermektedir. Fakat aslında bu beklenmedik mukavemet ve elastikiyet artışının boyama sırasında kumaşların çekmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Mukavemetteki ve elastikiyetteki bu artışı anlayabilmek için her bir boyama prosesinden sonra her bir kumaşın çekme değerleri tayin edilmiştir. Kumaşlara ait çekme değerleri tablolarda kumaş çekmesi (%) olarak belirtilmiştir. PTT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları Tablo 5.60 ve Tablo 5.61’de verilmiştir.

Tablo 5.60: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvensiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham, Ultrasonik Homojenizer ve Konvensiyonel yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri						
Numune				Elastikiyet Değerleri		
				Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
Ham Kumaş				56,9	-	56,9
Konvensiyonel Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
100	1:30	30	5	58.8	2,0	57.6
Ultrasonik homojenizer Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
80	1:30	20 (kumaşlı)	5	58.8	2.1	57.7
100	1:30	15 (kumaşsız)	5	59.1	3.1	57.3
100	1:30	15 (kumaşlı)	5	59.2	2.0	58.1
100	1:30	20 (kumaşlı)	5	59.6	3.1	57.8

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

BS 4952 Standardına göre ölçülen elastikiyet değeri PTT ham kumaş için %56.9’dur. 100°C’de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyamalara ait elastikiyet değeri ise %58.8, ultrasonik homojenizer ile yapılan boyamalara ait değerler %58.8-59.6 aralığında çıkmıştır. Görüldüğü gibi bütün ölçülen elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektiklerinden dolayı elastikiyet değerleri artmaktadır. Ham kumaş boyanmadığı için doğal olarak

kumaşta herhangi bir çekme olmayacaktır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0-3.1 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısının daha sıklaştığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden, şu açıktır ki, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağlı) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağlı) elastikiyet değerleri, ultrason enerjisi ile 100°C'de 20 dakika boyanmış kumaşta %57.8, konvansiyonel boyamada %57.6 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ham kumaşın elastikiyet değerine (%56.9) çok yakındır. Bu durumda ultrasonik homojenizör ile gerçekleştirilen işlem sonucunda süre veya sıcaklığın elastikiyete olumsuz bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 5.61: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

Ham, Ultrasonik Homojenizer ve Konvansiyonel Yöntemle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri						
Numune				Mukavemet Değerleri		
				Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
Ham Kumaş				99.6	-	99.6
Konvansiyonel Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
100	1:30	30	5	102.2	2.0	100.2
Ultrasonik Homojenizer Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*
80	1:30	20 (kumaşlı)	5	102.3	2.1	100.2
100	1:30	15 (kumaşsız)	5	102.3	3.1	99.2
100	1:30	15 (kumaşlı)	5	101.4	2.0	99.4
100	1:30	20 (kumaşlı)	5	102.8	3.1	99.7

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

ASTM 5034 Standardına göre ham PTT liflerinin mukavemet değerleri 99.6 civarında, 100°C'de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyanmış liflerin mukavemet değeri ise 102.2 ve farklı sıcaklık ve sürelerde ultrasonik etki altında boyanmış kumaşların mukavemet değerleri 101.4-102.8 aralığında değişmektedir. Görüldüğü gibi bütün ölçülen mukavemet değerleri ham kumaşın mukavemet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama

işlemleri PTT lifli kumaşları daha mukavim hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa bir terbiye işlemi uygulanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %2.0 ila 3.1 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Bu durumda kumaşlarda meydana gelen çekmeler kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, konvansiyonel boyamada 100.2 ve ham kumaşta 99.6, ultrasonik enerji altında 100°C 20 dakikada 99.7 çıkmıştır. Ultrason enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir mukavemet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Bu da mukavemet değerlerinin aslında artmadığını benzer seviyelerde kaldığını yani boyama işleminin mukavemette olumsuz bir etki sergilemediğini göstermektedir.

PBT liflerine uygulanan mukavemet ve elastikiyet testlerinin sonuçları Tablo 5.62 ve Tablo 5.63'de verilmiştir.

Tablo 5.62: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham, Ultrasonik Homojenizer ve Konvansiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Elastikiyet Değerleri						
Numune				Elastikiyet Değerleri		
				Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
Ham Kumaş				75	-	75
Konvansiyonel Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
100	1:30	30	5	87.3	11.8	77
Ultrasonik homojenizer Boyama Şartları				Elastikiyet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Uzama (%)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Uzama (%)*
80	1:30	20 (kumaşlı)	5	86.1	10.8	76.8
100	1:30	15 (kumaşsız)	5	86.5	11.5	76.6
100	1:30	15 (kumaşlı)	5	86.2	11.2	76.5
100	1:30	20 (kumaşlı)	5	86.6	11.4	76.7

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

BS 4952 Standardına göre ölçülen elastikiyet değeri PBT ham kumaş için %75.0'dır. 100°C'de 1:30 flotte oranında 30 dakika yapılan boyamalara ait

elastikiyet değeri ise %87.3, ultrasonik homojenizer ile yapılan boyamalra ait değerler %86.1-86.6 aralığında çıkmıştır. Görüldüğü gibi bütün ölçülen elastikiyet değerleri ham kumaşın elastikiyet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PBT lifli kumaşları daha elastik hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektiklerinden dolayı elastikiyet değerleri artmaktadır. Ham kumaş boyanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme olmayacaktır. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında %10.8-11.8 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Kumaşlar çektiği zaman kumaş yapısının daha sıklaştığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden, şu açıktır ki, kumaşlardaki bu çekme kumaşın cm²'sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan elastikiyet farkını ortadan kaldırabilmek için relatif (bağlı) elastikiyet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağlı) elastikiyet değerleri, ultrason enerjisi ile 100°C'de 20 dakika boyanmış kumaşta %76.7, konvansiyonel boyamada %77.0 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ham kumaşın elastikiyet değerine (%75.0) çok yakındır. Bu durumda ultrasonik homojenizör ile gerçekleştirilen işlem sonucunda süre veya sıcaklığın elastikiyete olumsuz bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 5.63: Ham kumaş, ultrasonik homojenizer yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

Ham, Ultrasonik Homojenizer ve ve Konvansiyonel yöntemle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları ve Mukavemet Değerleri						
Numune				Mukavemet Değerleri		
				Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N) *
Ham Kumaş				70	-	70
Konvansiyonel Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N) *
100	1:30	30	5	80.4	11.8	70.9
Ultrasonik Homojenizer Boyama Şartları				Mukavemet Değerleri		
Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kopma Mukavemeti (N)	Kumaş Çekmesi (%)	Relatif Kopma Mukavemeti(N) *
80	1:30	20 (kumaşlı)	5	79.4	10.8	70.8
100	1:30	15 (kumaşsız)	5	80.2	11.5	71.01
100	1:30	15 (kumaşlı)	5	80.1	11.2	71.1
100	1:30	20 (kumaşlı)	5	79.4	11.4	70.3

* Relatif uzama kumaş çekmesi ve uzama değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

ASTM 5034 Standardına göre ham PBT liflerinin mukavemet değerleri 70.0 civarında, 100°C’de 1:30 flote oranında 30 dakika yapılan boyanmış liflerin mukavemet değeri ise 80.4 ve farklı sıcaklık ve sürelerde ultrasonik etki altında boyanmış kumaşların mukavemet değerleri 79.4-80.2 aralığında değişmektedir. Görüldüğü gibi bütün ölçülen mukavemet değerleri ham kumaşın mukavemet değerlerinden fazladır. Yani çalışılan farklı boyama şartlarındaki bütün boyama işlemleri PTT lifli kumaşları daha mukavim hale getirmektedir. Fakat aslında kumaşlar boyama işleminden sonra çektikleri için mukavemet değerleri artmaktadır. Ham kumaşa bir terbiye işlemi uygulanmadığı için doğal olarak kumaşta herhangi bir çekme meydana gelmemiştir. Bütün boyanmış kumaşlarda ham kumaşla karşılaştırıldığında boyama işlemleri sonrasında % 10.8-11.8 değerleri arasında çekmeler gözlemlenmiştir. Bu durumda kumaşlarda meydana gelen çekmeler kumaşın cm²’sinde bulunan ipliklerin toplam sayısını arttırmaktadır. Çekmeden kaynaklanan mukavemet farklarını ortadan kaldırmak için relatif (bağıl) mukavemet değerleri hesaplanmıştır. Kumaş çekmesine göre hesaplanan relatif (bağıl) mukavemet değerleri, konvansiyonel boyamada 70.9 ve ham kumaşta 70.0, ultrasonik enerji altında 100°C 20 dakikada 70.3 çıkmıştır. Ultrason enerjisi ile boyama şartlarından kaynaklanan belirgin bir mukavemet farkı veya belirli bir trend gözlemlenmemiştir. Bu da mukavemet değerlerinin aslında artmadığını benzer seviyelerde kaldığını yani boyama işleminin mukavemette olumsuz bir etki sergilemediğini göstermektedir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Farklı şartlarda yapılan boyama işlemlerinin boyama performanslarını değerlendirirken sadece renk verimi ve boya alımı değerleri yeterli değildir. Yüksek renk verimlerinin yanında yüksek renk haslığı değerleri beklenirken uygulanan farklı boyama işlemlerinin kumaşların mukavemet ve elastikiyet değerlerine herhangi bir zarar vermemesi ya da verilen hasarın asgari düzeyde tutulması beklenmektedir. Dolayısı ile bu tezde elde edilen sonuçlar bu kapsamda incelenirken iyi renk ve renk haslığı değerlerine neden olan boyama işlemlerinin kumaşın fiziksel özelliklerine etkisi de incelenmiştir.

Tüm yöntemlerle boyamada; tüm boyamalara ait renk verimi, haslık ve mukavemet değerleri aşağıdaki tablolarda (Tablo) verilmiş ve genel bir karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Tablo 6.1, Tablo 6.2 ve Tablo 6.3 'de PTT liflerinin tüm boyamalar sonucunda sergilediği renk, mukavemet ve elastikiyet değerleri verilmektedir.

Tablo 6.1: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Bütün Yöntemlerle Boyanmış PTT Liflerine Ait Renk Değerleri											
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
					K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
Konvensiyonel	100	1/30	30	5	23.0	97.15	35.3	53.34	7.54	53.87	8.05
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15		21.5	90.6	36.43	54.61	8.14	55.21	8.48
Ultrasonik Banyo	80	1/30	90		20,9	87,1	36,24	53,42	6,63	53,83	7,07
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20		23.2	96.5	35.38	53.68	6.65	54.09	7.06

Tablo 6.2: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için)

Bütün Yöntemlerle Boyanmış PTT Liflerine Ait Renk Değerleri											
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
					K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
Konvensiyonel	100	1/30	30	5	26.3	99.05	32.41	48.24	17	51.15	19.4
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15		23.9	92.7	33.78	48.34	17.8	51.51	20.2
Ultrasonik Banyo	80	1/30	90		23,4	90,5	33,49	47,72	16,6	50,52	19,2
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20		26.5	98.7	31.96	47.21	16.9	50.16	19.7

Her iki tablodan görüldüğü gibi, PTT liflerinin boyanmasında elde edilen en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine konvensiyonel ve ultrasonik homojenizer boyama yöntemleri ile ulaşılmıştır. Tablolarda yer alan tüm

boyamalara ait haslık değerleri de birbirine benzer sonuçlar sergilemektedir. PTT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerleri de Tablo 6.3’de verilmiştir.

Tablo 6.3: Bütün yöntemlerle boyanmış PTT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Tüm Yöntemlerle Boyanmış PTT Liflerine Ait Boyama Şartları, Elastikiyet ve Mukavemet Değerleri									
Numune					Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri				
Ham Kumaş					Kumaş Çekmesi i (%)	Kopma Mukavemeti (N)	Relatif Kopma Mukavemeti(N) *	Uzama (%)	Relatif Uzama (%)*
					-	99.6	99.6	56.9	56.9
Boyama Şartları					Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri				
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kumaş Çekmesi i (%)	Kopma Mukavemeti (N)	Relatif Kopma Mukavemeti(N) *	Uzama (%)	Relatif Uzama (%)*
Çektirme	100	1/30	30	5	2.0	102.2	100.2	58.8	57.6
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15	5	5.5	106.2	100.4	61.3	57.9
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20	5	3.1	102.8	99.7	59.6	57.8

* Relatif kopma uzaması kumaş çekmesi ve kopma uzaması kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.3’den görüldüğü gibi, PTT liflerinin boyanmasında kullanılan bütün yöntemler sonucunda elde edilen mukavemet ve elastikiyet değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın kumaşlarda boyamalardan sonra meydana gelen çekmelerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çekme değerlerine göre tekrar hesaplanan relatif elastikiyet ve relatif mukavemet değerleri ham kumaşın elastikiyet ve mukavemet değerlerine yakın değerler sergilemektedir.

Tablo 6.4, Tablo 6.5 ve Tablo 6.6’da PBT liflerinin tüm boyamalar sonucunda sergilediği renk, mukavemet ve elastikiyet değerleri verilmektedir.

Tablo 6.4: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 167:1 için)

Bütün Yöntemlerle Boyanmış PBT Liflerine Ait Renk Değerleri											
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 167:1 (Büyük)						
					K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
Konvensiyonel	100	1/30	30	5	31.2	97.06	31.23	51.18	15.8	53.55	17.1
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15		27,8	91,2	34,25	54,55	14,8	56,52	15,2
Ultrasonik Banyo	80	1/30	90		28,5	91,1	33,11	53,05	14,4	54,96	15,2
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20		30,8	95,2	31,53	52,03	15,9	54,4	17

Tablo 6.5: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait renk değerlerinin karşılaştırılması (C.I. Disperse Red 65 için)

Bütün Yöntemlerle Boyanmış PBT Liflerine Ait Renk Değerleri											
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	C.I. Disperse Red 65 (Küçük)						
					K/S	% BA	L*	a*	b*	C*	h°
Konvensiyonel	100	1/30	30	5	32,4	99,41	31,23	51,18	15,8	53,55	17,1
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15		30,1	92,4	30,12	47,25	20,8	51,63	23,8
Ultrasonik Banyo	80	1/30	90		29,2	90,2	31,66	48,86	21,4	53,36	23,7
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20		32,1	98,8	28,34	45,87	20,3	50,16	23,9

Her iki tablodan görüldüğü gibi, PBT liflerinin boyanmasında elde edilen en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine PTT liflerinde olduğu gibi konvensiyonel ve ultrasonik homojenizer boyama yöntemleri ile ulaşılmıştır. Tablolarda yer alan tüm boyamalara ait haslık değerleri de birbirine benzer sonuçlar sergilemektedir. PBT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerleri de Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6: Bütün yöntemlerle boyanmış PBT liflerine ait mukavemet ve elastikiyet değerlerinin karşılaştırılması

Ham ve Tüm Yöntemlerle Boyanmış PBT Liflerine Ait Boyama Şartları, Elastikiyet ve Mukavemet Değerleri									
Numune					Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri				
Ham Kumaş					Kumaş Çekmesi (%)	Kopma Mukavemeti (N)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*	Uzama (%)	Relatif Uzama (%)*
					-	70	70	75	75
Boyama Şartları					Mukavemet ve Elastikiyet Değerleri				
Yöntem	Sıcaklık (°C)	Flotte Oranı	Süre (dak)	pH	Kumaş Çekmesi (%)	Kopma Mukavemeti (N)	Relatif Kopma Mukavemeti(N)*	Uzama (%)	Relatif Uzama (%)*
Çektirme	100	1/30	30	5	11.8	80.4	70.9	87.3	77.0
Mikrodalga (900 watt)	-	1/75	15	5	18.3	87.1	71.1	94.6	77.3
Ultrasonik Homojenizer	100	1/30	20	5	11.4	79.4	70.3	86.6	76.7

* Relatif kopma uzaması kumaş çekmesi ve kopma uzaması kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.6'dan görüldüğü gibi, PBT liflerinin boyanmasında kullanılan bütün yöntemler sonucunda elde edilen mukavemet ve elastikiyet değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın kumaşlarda boyamalardan sonra meydana gelen çekmelerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çekme değerlerine göre tekrar hesaplanan relatif elastikiyet ve relatif mukavemet değerleri ham kumaşın elastikiyet ve mukavemet değerlerine yakın değerler sergilemektedir.

Konvensiyonel (çektirme) yöntemle boyamada; her iki lifin, PTT ve PBT liflerinin, 80°C üzerindeki bütün sıcaklık (100, 110, 120 ve 130°C'de) ve pH değerlerinde (4, 5 ve 6) yapılan %2'lik (orta-koyu ton) boyamalarından elde edilen renk verimi ve boya alımı değerleri birbirine yakın değerler sergilediği gözlemlenmiştir. Bu durum 80°C üzerinde çalışılan herhangi bir sıcaklık veya pH değerinin bir diğerine renk verimi ve boya alımı özellikleri bakımından bir üstünlüğü veya dezavantajı bulunmadığını göstermiştir. 80°C üzerindeki sıcaklıklarda boyanmış kumaşların CIE-LAB değerleri incelendiğinde, liflere ait değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. *Remisyon (%R) –dalga boyu (nm)* ve *a* (kırmızılık)-b*(sarılık)* grafikleri incelendiğinde tüm boyamaların kırmızı renk tonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda çalışılan herhangi bir boyama şartı kombinasyonu birbiri yerine kullanılabilir. Aynı biçimde, çalışılan tüm şartlarda boyanmış liflerin yıkama, su, ter (asidik ve bazik) ve deniz suyu haslıkları gri skalaya göre maksimum değer olan 5 haslık değeri sergilemiştir. Liflere ait sürtme ve süblimasyon haslıkları da gri skala değerlerine göre 4 veya üzerinde haslık değerleri sergileyerek yüksek haslık değerlerine ulaşılmıştır. Lifler aynı zamanda yüksek ışık haslığı değerleri (5/6-6) de sergilemiştir. Birbirine çok yakın ölçülen renk verimi ve boya alımı değerlerinin yanında ölçülen bütün haslık değerlerinin birbirine çok yakın çıkması herhangi bir boyama şartı kombinasyonu birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Fakat hangi boyama şartının en iyi olduğuna karar vermek için boyamanın kumaşlarda yol açtığı mukavemet ve elastikiyet performanslarının da incelenip karşılaştırılması gerekmektedir. PTT ve PBT lifli kumaşların, çalışılan bütün farklı sıcaklık ve pH kombinasyonlarında konvensiyonel çektirme yöntemi ile boyanması sonucunda ölçülen bütün elastikiyet ve mukavemet değerleri, ham PTT ve PBT lifli kumaşların elastikiyet ve mukavemet değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Yani çalışılan tüm boyama şartlarındaki boyama işlemleri, PTT ve PBT lifli kumaşların mukavemetine ve elastikiyetine olumsuz bir etki göstermemiştir. Elastikiyet ve mukavemet değerlerindeki gözlemlenen bu beklenmeyen artış, PTT ve PBT lifli kumaşların boyama işlemleri sırasında gözlemlenen kumaş çekmesinden kaynaklanmıştır. Çekme değerlerine göre tekrar hesaplanan relatif elastikiyet ve relatif mukavemet değerleri ham kumaşın elastikiyet ve mukavemet değerlerine çok yakın değerler sergilemektedir. Renk ve haslık değerlerinde gözlemlenen birbirine yakın benzer sonuçlarda ki gibi, mukavemet ve elastikiyet değerleri de her iki lif için birbirine

yakın benzer değerler sergilemiştir. Bu sonuçlar da çalışılan boyama sıcaklıklarının ve pH değerlerinin birbiri yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, PTT ve PBT lifli kumaşların %2'lik boyamalarında benzer boyama performansına, 100°C gibi daha düşük boyama sıcaklıklarında ulaşılabilmenin mümkün olduğu gözlemlenmiştir ve dolayısıyla daha düşük sıcaklıkta yapılan boyama işleminin enerji tasarrufu ve maliyet açısından tercih edilmesi daha uygundur.

Mikrodalga yöntemiyle boyamada; her iki lifin, PTT ve PBT liflerinin, boyama performanslarının incelenmesi için farklı flotte oranları (1:30, 1:50 ve 1:75), farklı mikrodalga güçleri (720 watt ve 900 watt) ve farklı boyama süreleri (1, 3, 5, 6, 9, 11, 13 ve 15 dakika) denenmiştir. Gerçekleştirilen boyamalarda artan mikrodalga gücü ve artan boyama süreleri ile birlikte her iki lifinde renk verimi ve boya alımı değerlerinde artan bir trend gözlemlenmiştir. 1:30 flotte oranında 6. dakikadan sonra boya banyosunda flotte kalmaması ve bu sürede konvansiyonel boyamalara yakın renk verimi değerlerine ulaşamaması sebebiyle, daha uzun sürelerde boyama işlemi gerçekleştirebilmek için 1:50 flotte oranı denenmiştir. 1:50 flotte oranında da artan boyama süresi ve mikrodalga gücü ile birlikte her iki lifinde renk verimi ve boya alımı değerleri artmıştır. Fakat 1:30 flotte oranında olduğu gibi, 1:50 flotte oranında da 11.inci dakikadan sonra boyama flottesini buharlaşıp tamamen tükenmektedir ve ayrıca elde edilen boyama performansı sonuçları, konvansiyonel boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerlerine ulaşamamaktadır. Bu nedenle 1:75 oranında flotte oranı daha uzun süreli boyamalar yapmak için denenmiştir. Bu flotte oranında da diğer iki flotte oranında gözlemlenen durum oluşmuş ve artan boyama süresi ve mikrodalga gücü ile her iki life ait renk verimi ve boya alımı değerleri artmıştır. Her iki lif içinde en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine 900 watt'lık mikrodalga gücünde 15 dakikalık mikodalga boyamaları neticesinde ulaşılmıştır. Fakat ölçülen renk verimi ve boya alımı değerleri, konvansiyonel boyamanın renk verimi ve boya alımı değerlerine ulaşamamakla beraber oldukça yakınlaşmıştır. Bu durum toplam boyama süresi (*maksimum 100°C'de 30 dakikalık boyamalar için*) yaklaşık 120 dakika civarında olan konvansiyonel boyamalara göre boyama süresi bakımından oldukça avantajlı olduğu görülmektedir. Fakat, 900 Watt mikrodalga gücü kullanılarak 15 dakikada gerçekleştirilen boyamaların flotte oranları 1:75 oranındadır. Bu flotte oranı daha çok su ve kimyasal kullanımına neden olarak

maliyet ve çevresel açıdan sıkıntılar doğurabilir. Mikrodalga gücü kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamalara ait haslık, elastikiyet ve mukavemet değerleri de incelenmiştir. Mikrodalga enerjisi kullanılarak gerçekleştirilmiş boyamalara ait su ve yıkama haslığı değerleri gri skalaya göre 5 çıkmıştır. Bu yöntemle boyanan her iki kumaşa (PTT ve PBT) ait sürtme haslığı değerleri de gri skalaya göre 4'ün üzerinde (*yani ticari olarak kabul edilebilir*) değerler sergilemektedir. Mikrodalga boyama yönteminde ulaşılan en yüksek renk verimi ve boya alımı değerlerine sahip boyama şartlarında (900 watt, 15 dakika) boyanmış PTT ve PBT lifli kumaşlara elastikiyet ve mukavemet testleri uygulanmıştır. Konvansiyonel boyamada olduğu gibi liflerin en iyi mikrodalga şartlarında boyanması sonucunda ölçülen elastikiyet ve mukavemet değerleri ham PTT ve PBT lifli kumaşların değerlerin göre daha yüksek değerler sergilemiştir. Konvansiyonel boyamada da gözlemlenen bu beklenmeyen durumun aynı şekilde kumaşların boyanmaları sırasında meydana gelen kumaş çekmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Kumaş çekmesi değerlerine göre hesaplanan relatif elastikiyet ve mukavemet değerleri ham kumaşın elastikiyet ve mukavemet değerlerine yakın değerler sergilemektedir. Fakat mikrodalga enerjisi ile boyanmış PTT ve PBT lifli kumaşların mikrodalga boyama sırasında, konvansiyonel boyama ile boyanmış PTT ve PBT lifli kumaşlardan daha yüksek çekme miktarları sergilediği gözlemlenmiştir. Tabii ki terbiye işlemi sırasında oluşan yüksek kumaş çekme miktarları üretici açısından istenmeyen bir durumdur. Çünkü belirli kumaş gramajlarında ve sıklıklarında alınmış bir siparişi gerçekleştirmek için örülen veya dokunan kumaşların terbiye işlemlerinden sonra beklenenden daha fazla çekmesi veya bollaşması kumaş gramajlarında ve sıklıklarında değişikliklere neden olacağı için üretici ve satıcı açısından genelde istenmeyen bir durumdur.

Ultrasonik banyo yöntemiyle boyamada; her iki lif, PTT ve PBT lifleri, farklı boyama sürelerinde (15, 30, 45, 60 ve 90 dakika) ultrasonik banyo içinde boyanmıştır. Ultrasonik banyo cihazının çalışabileceği maksimum sıcaklık 80°C olduğu için, bu yöntemde maksimum boyama sıcaklığı olan 80°C kullanılmıştır. Bu yöntemde boyamada artan süre ile birlikte boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerleri beklenildiği gibi artmıştır. En iyi sonuçlara her iki lif için de maksimum boyama sıcaklığında 90 dakikalık yapılan boyamalarda ulaşılmıştır. Tabii belirtmek gerekir ki, maksimum boyama sıcaklığında gerçekleştirilen 90 dakikalık boyama,

toplam boyama süresinin çok artmasına yol açmaktadır. Diğer taraftan bu şartlarda ulaşılan renk verimi ve boya alımı değerleri, 100°C’de gerçekleştirilmiş konvansiyonel boyamanın renk değerlerine ulaşamamakla birlikte yaklaşmıştır. Bu yöntemle (*ultrasonik banyoda 80°C’de*) boyamadan elde edilen veriler 80°C’deki konvansiyonel boyamanın verileri ile karşılaştırıldığında, konvansiyonel boyamaya göre oldukça üstün renk verimi ve boya alımı değerleri sergilediği gözlemlenmiştir. Bu durum her iki lif için de aynı sıcaklıklarda yapılan boyamalarda, ultrasonik enerjinin boya alımı ve renk verimi değerleri üzerine olumlu etki yarattığını göstermektedir. Ultrasonik banyo yöntemi ile gerçekleştirilen boyama sonucunda çok iyi (5) su ve ter haslığı değerleri gözlemlenmiştir. Liflere ait sürtme haslığı ve yıkama haslığı değerleri de 4’ün üzerinde çıkmıştır. Genel olarak, ultrasonik banyo boyama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen boyamalarda, konvansiyonel boyama yöntemi ile elde edilen değerlere ulaşamamıştır.

Ultrasonik homojenizer yöntemiyle boyamada; her iki lif, PTT ve PBT lifleri, farklı boyama sürelerinde (15 ve 20 dakika) ve boyama sıcaklıklarında (80 ve 100°C) ultrasonik homojenizer desteğiyle boyanmıştır. Bu yöntemle boyamada artan boyama süreleri ve sıcaklıkları ile birlikte her iki lif için yapılan boyamalara ait renk verimi ve boya alımı değerleri artmıştır. En iyi sonuçlara her iki lif içinde 100°C’de 20 dakikalık ultrasonik homojenizer destekli boyamalarda ulaşılmıştır. Bu şartlar altında her iki lif içinde elde edilen renk verimi ve boya alımı değerleri konvansiyonel boyamada elde edilmiş renk verimi ve boya alımı değerlerine göre az bir farklılıkla (*çok az daha düşük*) yakın çıkmıştır. Bu durum bu şartlarda gerçekleştirilen boyamaların konvansiyonel olarak gerçekleştirilen boyamalar yerine alternatif olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Ultrasonik homojenizer ile gerçekleştirilmiş boyamalara ait su ve ter haslığı değerleri gri skalaya göre 5 çıkmıştır. Aynı biçimde sürtme haslığı değerleri de ticari olarak kabul edilebilir değerle olup gir skalaya göre 4’ün üzerinde değerler sergilemiştir. Ulaşılan yakın renk verimleri ve yüksek haslık değerleri, bu şartlarda gerçekleştirilen ultrasonik homojenizer destekli boyamaların, konvansiyonel boyamaların yerine kullanılabilceği olgusunu desteklemektedir. Bu değerlendirmelerin yanında, PTT ve PBT lifli kumaşların elastikiyet ve mukavemet performanslarının zarar görüp görmediğini anlamak için incelenmiştir. Sonuçlar ultrasonik homojenizer destekli boyama işleminin elastikiyet ve mukavemet değerlerinde herhangi bir olumsuzluğa

neden olmadığını göstermiştir. Bu durumda ultrasonik homojenizer ile gerçekleştirilen boyamaların konvensiyonel boyamalar yerine kullanılabileceğini ve bunun boyama süresi açısından az da olsa fayda sağlayabileceğini göstermektedir.

Her iki lif için yapılan tüm boyamalarda, en iyi renk verimi ve boya alımı değerlerine konvensiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyamalarda ulaşılmıştır. Gerçekleştirilen bütün konvensiyonel ve ultrasonik homojenizer destekli boyama işlemlerinin PTT ve PBT lifli kumaşların mukavemet ve elastikiyet performansları üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

7. KAYNAKLAR

Aizenshtein E.M., “Polyester Fibres Continue To Dominate On The World Textile Raw Materials Balance Sheet”, *Fibre Chemistry*, Vol.41, No. 1, doi:10.1007/s10692-009- 9119-9, (2009)

Albermarlecarpet, <http://albemarlecarpet.com/flooring-tips/triexta-miracle-fiber-or-simply-another-option/>, Aralık 2014

Aniş P. Ve Eren H.A., “Poliesterin Alkali Ortamda Boyanması: Mevcut Teknolojinin Gözden Geçirilmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1, (2003)

Arasteh R., Kaptan N., Naderi A., Maleknia L., Akhlaghi S. and Nazockdast H., “Effects of Fiber Spinning on the Morphology, Rheology, Thermal, and Mechanical Properties of Poly(trimethylene terephthalate)/Poly(ethylene terephthalate) Blends”, *Advances in Polymer Technology*, Vol. 00, No. 0, DOI 10.1002/adv.21443, (2014)

Asiapacificfibers, http://www.asiapacificfibers.com/msg_pres_dir.html, Kasım 2011

Atav R. ve Delituna A., “Poliester Liflerinin Dispers Boyarmaddelerle Boyanması Sırasında Kullanılan Yardımcı Maddeler”, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 4, No: 1, (73-83), (2010)

Avinc O.O., Philips D., and Wilding M., “Influence of different finishing conditions on the wet fastness of selected disperse dyes on polylactic acid fabrics”, 2009 Society of Dyers and Colourists, *Color. Technol.*, 125, 288–295, (2009)

Balcı O., “Poliester Esaslı Örme Kumaşların Redüktif Yıkanması İçin Yeni Yaklaşımlar”, *Tekstil Ve Konfeksiyon* 1/2011, (2011)

Bolhová E., Ujhelyiová A., Vařková K., Marcinčin A., “Dyeing Kinetics and Colouristic Properties of Blend PP/PES Fibres”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, No. 5 - 6 (64 - 65), (2007)

Broadbent A.D., “Basic Principles of Textile coloration”, *Society of Dyers and Colourists*, (2001)

Brown H. S., Casey P. K., Donahue J. M. , “Poly(Trimethylene Terephthalate) Polymer for Fibers”, <http://www.technica.net/NF/NF1/eptt.htm>, Mart 2011

Brown H., Chuah H., Olvera J.M., Wasiak A., Sajkiewicz P., Ziabicki A., Grebowicz J.S., “Deformation of undrawn PTT fibres”, *Polymer* 42, 7153-7160, (2001)

Cao Y., Wang H., Yang C., Zhong R., Lei Y., Sun K. And Liu J., “In vitro studies of PBT Nonwoven Fabrics adsorbent for the removal of low density lipoprotein from hyperlipemia plasma”, *Applied Surface Science*, 257, 7521–7528, doi:10.1016/j.apsusc.2011.03.076, (2011)

Castellano M., Turturro A., Valenti B., Avagliano A., Costa G., “Reactive Blending of Aromatic Polyesters: Thermal Behaviour of Co-precipitated Mixtures PTT/PET”, *Macromol. Chem. And Phys.*, 207, 242–251, DOI: 10.1002/macp.200500276, (2006)

Chan C. H., Thomas S. and Thomas S., “Poly(trimethylene terephthalate) – The New Generation of Engineering Thermoplastic Polyester“, *The New Generation of Engineering Thermoplastic Polyester.*, <http://dx.doi.org/10.5772/50317>, (2012)

Chang J-H, Kim S. J., Im S., “Poly(trimethylene terephthalate) nanocomposite fibers by in situ intercalation polymerization: thermo-mechanical properties and morphology (I)”, *Polymer* 45, 5171–5181, (2004)

Chen K., Tang X., “Instantaneous Elastic Recovery of Poly(trimethylene terephthalate) Filament”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 91, 1967–1975, (2004)

Chen T., Li L., Huang X., “Fiber Diameter of Polybutylene Terephthalate Melt-Blown Nonwovens”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 97, 1750–1752, DOI 10.1002/app.21932, (2005)

Chen Y., Ding X., Li Y. and Zhao X., “The Influence of Heat Setting Conditions on Mechanical Properties of PTT Filaments”, *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics* 4:1, 51-58, (2011)

Chen Y., Tang X.L., Chen B.T. and Qui G., “Low temperature plasma vapor treatment of thermo-sensitive poly(N-isopropylacrylamide) and its application”, *Applied Surface Science* 268, 332– 336, (2013)

Chou R.M., Chang C.C, Yu T.L., Tseng Y.H. and Wu M.J., “Crystallization kinetics of poly(1,4-butylene-co-ethylene terephthalate)”, *Polym Int* 50:213±221, (2001)

Chuah. H. H., “Effect of Process Variables on Bulk Development of Air-Textured Poly(trimethylene terephthalate) Bulk Continuous Filaments”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 92, 1011–1017, (2004)

Deopuno B.L, Alogirusamy R, Joshi M. and Gupto B., *Polyester and Polyamides*, CRC Press; 1 edition, Cambridge, UK, (2008)

Devroede J., “Study of the THF formation during the TPA-based synthesis of PBT”, *Eindhoven University*, Eindhoven, (2007)

Dupont, http://www2.dupont.com/Sorona_Microsite/en_AU/about/sorona.html, Aralık 2014

DuPont2, <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibersnonwovens/fibers/brands/dupont-sorona/articles/triexta-generic-in-name-only.html>, Aralık 2014

DuPont3, http://www2.dupont.com/Sorona_Consumer/en_US/Commercial_Carpet/Commercial_Carpet/Natural_Choice.html, Şubat 2011

DuPont4, <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibersnonwovens/fibers/brands/dupont-sorona.html>, Aralık 2014

DuPont5, <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibersnonwovens/fibers/brands/dupont-sorona/uses-and-applications/sorona-for-stretch-denim.html>, Aralık 2014

DuPont6, <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibersnonwovens/fibers/brands/dupont-sorona/uses-and-applications/sorona-for-performancefabrics.html>, Aralık 2014

Eberl A., Heumann S., Kotek R., Kaufmann F., Mitsche S., Cavaco-Paulo A., Gubitz G.M., “Enzymatic hydrolysis of PTT polymers and oligomers”, *Journal of Biotechnology* 135, 45–51, doi:10.1016/j.jbiotec.2008.02.015, (2008)

Ecvery, <http://www.ecvery.com/showroom/pbt-gf20-skoda.html>, Aralık 2014

Encyclopedia of Polymer Science and Technology, [http://aspeak.shahrmajazi.com/%5CUpload%5Csubdomain%5Caspeak%5Carticle%5Caspeak1391-11-10-13-39-33Poly\(trimethylene_terephthalate\)%20\(www.aspeak.net\).pdf](http://aspeak.shahrmajazi.com/%5CUpload%5Csubdomain%5Caspeak%5Carticle%5Caspeak1391-11-10-13-39-33Poly(trimethylene_terephthalate)%20(www.aspeak.net).pdf), Aralık 2014

Elliot G. and Cisneros L., “A life cycle assessment of corterra polymer”, Presented by Ramji Ramachandran May 12, http://www.carpetrecovery.org/pdf/annual_conference/2005_conference_pdfs/LC_A_Study_Shell.pdf, Mart 2011, (2005)

Ertuğrul S., “Dispers Sarı 3 Boyarmaddesinin Polyester Elyafa Uygulanabilirliği Üzerine Dispergator Miktarının Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2004)

Fenc, http://www.fenc.com/en/business/fiber_product.aspx?c=23, Aralık 2014

Ftc, http://www.ftc.gov/sites/default/files/documents/advisory_opinions/dupont/mohawk/ptt-poly-canada-revised-petition/pttgenapprev8-30-06.pdf, Aralık 2014

Goodman, I., Rhys, J. A., *Polyesters—Vol. I, Saturated Polyesters*; American Elsevier, New York, p107, (1965)

Grieve MC., Bierman TW. And Schaub K., “The use of indigo derivatives to dye denim material”, *science&justice* Volume 46 NO. 1, 15 – 24, (2006)

Han T. H., Lyoo S. S., Jeon W. S., Yong H., ” Molecular structures and physical properties of heat-drawn conjugate fibers”, *Polymer Engineering and Science Publisher: Society of Plastics Engineers, Inc*, Feb, Source Vol 51, 232-236, (2011)

Hauser J., “Textile Deying”, ISBN 978-953-307-565-5, Published: December 14, under CC BY, (2011)

Hawkyard C., “*Synthetic Fibre Dyeing*”, Society of Dyers & Colourists, Mock G., Chapter 2, “Dyeing of polyester fibres”, (2004)

Hong P-D, Chuang W-T, Yeh W-J, Lin T-L, “Effect of rigid amorphous phase on glass transition behavior of poly(trimethylene terephthalate)”, *Polymer* 43,6879–6886, (2002)

Houck M. M., Menold R. E. II, Huff R. A., “PTT new Type of Polyester Fibre”, *Problems of Forensic Sciences*, vol. XLVI, 217-221, FBI Laboratory, Washington, USA, (2001)

Hwo C., Forschner T., Lowtan R., Gwyn D., Criste B., “Poly(trimethylene phthalates or naphthalate) and Copolymers: New Opportunities in Film and Packaging Applications”, *Presented at the Future-Pak® 98 Conference*, November 10-12, Chicago, (1998)

Huang J.M. and Chang F.C., “Crystallization Kinetics of Poly(trimethylene terephthalate)”, *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 38, 934–941, (2000)

Itagaki H. and Arakawa S., “Dynamic Process of Cold Crystallization of PBT Solids Revealed by Fluorescence Spectroscopy”, *Shizuoka University, Japan*, <http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/bitstream/10297/4195/1/100118001.pdf>, Haziran 2011

Jang J, Jeong Y, “Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O₃ irradiation“, *Dyes and Pigments* 69, 137-143, doi:10.1016/j.dyepig.2005.02.010, (2006)

Jang H.K., Doh S.J. and Lee J.J., “Ecofriendly Dyeing of PTT with temporarily solubilized Azo disperse Dyes Based on Pyridone Derivatives”, *Fibers and Polymers*, Vol 10, No 3, 315-319, (2009)

Jaysfloorsandmore,
<http://jaysfloorsandmore.com/DesignTips/SmartStrandCarpet.aspx>,<http://thechallenge.dupont.com/elementary/dupont/putting-science-to-work.php>, Aralık 2014

Karayannidis G.P., Roupakias C.P., Bikiaris D.N., Achilias D.S., “Study of various catalysts in the synthesis of poly(propylene terephthalate) and mathematical modeling of the esterification reaction”, *Polymer* 44, 931–942, (2003)

Kim J.J., Choi J.H., Ju J.H., Son B.K., Ahn J.M., Kim B.H., And Kim K.S., “Dyeing Of Polyester, Aramid And Polypropylene Fibers In Supercritical Co₂”, *The 6th Issf At Versailles*, Apr. 28-30, (2003)

Kim J.H., Lee J.J., Yoon J.Y., Lyoo W.S., Kotek R., “Alkaline Depolymerization of Poly(trimethylene terephthalate)”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 82, 99–107, (2001)

Kim E. J., Yeo G.-D., Pai C.-M., Kang I.-K., “Preparation of Surface-Modified Poly(butylene terephthalate) Nonwovens and Their Application as Leukocyte Removal Filters”, *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 90B: 849–856, DOI: 10.1002/jbm.b.31354, (2009)

Kim T. K., Son Y.A., Lim Y.J., “Thermodynamic parameters of disperse Dyeing on several polyester fibers having different molecular structures”, *Dyes and Pigments* 67, 229-234, doi:10.1016/j.dyepig.2004.12.005, (2005)

Kiefer, http://www.kiefer.com/kiefer-aqualast-pbt-jammer-products-498.php?page_id=1091, Aralık 2014

Klanc̣nik M., “Dyeability of new polyesters”, *Color. Technol.*, 122, 334–337, doi: 10.1111/j.1478-4408.2006.00048.x, (2006)

Khoddami A., Avinc O.O, and Mallakpour S., “A novel durable hydrophobic surface coating of poly(lactic acid) fabric by pulsed plasma polymerization”, *Progress in Organic Coatings* 67, 311–316, (2010)

Kotek R., Jung D.-W., Kim J.H., Smith B., Guzman P., Schmidt B., “*Surface Hydrolysis of Filaments Based on Poly(trimethylene terephthalate) Spun at High Spinning Speeds*”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 92, 1724–1730, (2004)

Kovaleva E.V., Lapovskii V.V., Shevlik N.V., and Geller B.E., “Study of the Rheological Properties of Melts of Polypropylene and Polybutylene Terephthalate Blends”, *Fibre Chemistry*, Vol. 38, No:5, (2006)

Kurian J.V., “A New Polymer Platform for the Future — Sorona_from Corn Derived 1,3-Propanediol”, *Journal of Polymers and the Environment*, Vol. 13, No. 2, April 2005, DOI: 10.1007/s10924-005-2947-7, (2005)

Lapkovskii V.V., Geller Y. A., and Geller B. E., “Kinetics of Drying Polybutylene Terephthalate and Polyethylene Terephthalate Granulate”, *Fibre Chemistry*, Vol. 38, No.1, (2006)

Lee M. S., Lee M., Wakida T., Saito M., Yamashiro T., Nishi K., Inoue G, Ishida S., “Ozone- Gas Treatment of Cationic Dyeable Polyester and Poly(butylene terephthalate) Fibers”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 104, 2423–2429, DOI 10.1002/app.25978, (2007)

Liu H., Zheng Y., Gurgel P.V., and Carbonell R.G., “Affinity membrane development from PBT nonwoven by photo-induced graft polymerization, hydrophilization and ligand attachment”, *Journal of Membrane Science* 428, 562–575, (2013)

Lurgi,

http://www.lurgi.com/website/fileadmin/pdfs/brochures/PBTProcess_en.pdf,

Haziran 2011

Lyoo W. S., Lee H. S., Ji B. C., Han S. S., Koo K., Kim S. S., Kim J. H., Lee J.-S., Son T. W., Yoon W. S., “Effect of Zone Drawing on the Structure and Properties of Melt-Spun Poly(trimethylene terephthalate) Fiber”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 81, 3471-3480, (2001)

Luo J., Wang F. M., Li D. and Xu B., “Elasticity of woven fabrics made of poly(trimethylene terephthalate/ polyethylene terephthalate bicomponent filaments”,

Textile Research Journal 81(8) 865–870, DOI: 10.1177/0040517510391700, (2010)

Marcal D., Rego A.T., Carrondo M. A.,¹ and Enguita F. J., “1,3-Propanediol Dehydrogenase from *Klebsiella pneumoniae*: Decameric Quaternary Structure and Possible Subunit Cooperativity”, *Journal Of Bacteriology*, Vol 191, No 4, p. 1143–1151, (2009)

Marcinić in A, Hricová M, Aneja A, Andrejková A, Kořmendyová E, “Polypropylene/Poly (Trimethylene Terephthalate)–Blend Fibers”, *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 45: 945–956, DOI: 10.1080/00222340600796223, (2006)

Mathur M.R., Shukla S.R. and Sawant P.B., “Heat setting of PBT”, *Polymer Journal*, Vol 28, No 3, pp 189-192, (1996)

McIntyre J.E, *Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin*, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, (2004)

Ovejero R. G., Sánchez J. R., Ovejero J. B., Valdeperas J. and Lis M.J., “Kinetic and Diffusional Approach to the Dyeing Behavior of the Polyester PTT”, *Textile Research Journal*, Vol 77(10): 804–809, DOI: 10.1177/0040517507080665, (2007)

Öner E., Büyükakinci Y. and Sökmen N., “Microwave-assisted dyeing of poly(butylene terephthalate) fabrics with disperse dyes”, *Coloration Technology*, Society of Dyers and Colourists, Color. Technol., 129, 125–130, (2013)

Pade S., Thumsorn S., On J. W., Surin P., Apawet C., Chaichalermwong T., Kaabbuathong N., O-Charoen N., and Srisawat N., “Preparation of Poly(lactic acid) and Poly(trimethylene terephthalate) Blend Fibers for Textile Application”, *Energy Procedia* 34, 534 – 541, (2013)

Paradowskiswim, <http://www.paradowskiswim.com/team/sba2014/south-bay-aquatics>, Aralık 2014

Parthiban M. and Vellingiri K., “PTT - An innovative polymer and its versatile application in Textiles”, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/11/1013/ptt-an-innovative-polymer1.asp>, Mart 2011

Pbtyarn1, <http://www.pbtyarn.cn/Product/pbt-color-yarn.html>, Aralık 2014

Pbtyarn2, <http://www.pbtyarn.cn/Blog/2013/20131003.html>, Aralık 2014

Perepelkin K.E., “Poly(ethylene Terephthalate) and Polyester Fibres – 60 the Anniversary of The First Patent- Poliester Fibres abroad in the third millennium”, *Fibre Chemistry*, Vol 33, No.5, doi:10.1023/A:1013983922779, (2001)

Pillin I., Pimbert S., Feller J.F., and Levesque G, “Crystallization Kinetics of Poly(butylene terephthalate) (PBT): Influence of Additives and Free Carboxylic Acid Chain Ends”, *Polymer Engineering and science*, Vol. 41, No. 2, (2001)

Plastics,

http://plastics.dupont.com/myplastics/Mediator?id=4624&locale=ko_KO, Aralık 2014

PTT Fibres Bring Exciting New Properties to Diverse Textile Application, http://ww2.thrc-crhit.org/images/ftex2k3/ftex2003_technical1-en.pdf, Şubat 2011

Pyda M., Boller A., Grebowicz J., Chuah H., Lebedev B. V., Wunderlich B., “Heat Capacity Of Poly(Trimethylene Terephthalate)”, *Journal Of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 36, 2499–2511, (1998)

Reddy N and Yang Y., “Fibres from PTT Fibres”, *Innovative biofibres from renewable resources*, DOI 10.1007/978-3-662-45136-6_64, (2015)

Reichert, Y., Gökgöl, M.,. “Polyester Elyaftan Bitim İşlemlerine”. 8. Uluslar arası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, 398-422, İzmir, (1998)

Scheirs J and Long T.E., “Modern Polyesters:chemistry and technology of polyesters and copolyesters”, John Wiley & Sons, Ltd, ISBN 0-471-49856-4, UK, (2003)

Shen L., Haufe J., Patel M. K., “Product overview and market projection of emerging bio- based plastics”, PRO-BIP 2009, Final Report, (2009)

Shu Y-C, Hsiao K-J, “Preparation and physical properties of poly(trimethylene terephthalate)/metallocene isotactic polypropylene conjugated fibers”, *European Polymer Journal* 42, 2773–2780, doi:10.1016/j.eurpolymj.2006.05.003, (2006)

Shukla S. R. and Mathur M. R., “Dyeing of solvent-pretreated polyesters”, *JSDC*, Volume113, 178-181, (1997)

Shukla S. R., Mathur M. R., “Action of Alkali on Polybutylene Terephthalate and Polyethylene Terephthalate Polyesters”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 75,1097–1102, (2000)

Sung Y. W. , “A Study on the dyeing of PTT/silk mixture fabrics with disperse dyes/acid/dyes”, *J. Kor. Soc. Cloth Ind.* Vol 12, No 1, pp 94-102, (2010)

Swicofil, <http://www.swicofil.com/ptt.html>, Mart 2011

Szymczyk A., “Structure and properties of new polyester elastomers composed of poly(trimethylene terephthalate) and poly(ethylene oxide)”, *European Polymer Journal*, 45, 2653–2664, (2009)

Tavanaie M. A., Shoushtari A. M., Goharpey F., “Polypropylene/poly(butylene terephthalate) melt spun alloy fibers dyeable with carrier-free exhaust dyeing as an environmentally friendlier process”, *Journal of Cleaner Production*, 18, 1866-1871, doi:10.1016/j.jclepro.2010.08.003, (2010)

Tepar, http://www.tepar.com/products/view/velox_59, Aralık 2014

Textile Handbook of Thermoplastics Polyesters, <http://www.tex.tuiasi.ro/biblioteca/carti/CARTI/Textile/Handbook%20of%20Thermoplastic%20Polyesters%20and%20Composites/08.pdf> , Aralık 2014

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

Ujhelyiova A., Bolhova E., Oravkinova J., Tin’o R., Marcincin A., “Kinetics of dyeing process of blend polypropylene/poliester fibres with disperse dye”, *Dyes and Pigments*, 72 212- 216, doi:10.1016/j.dyepig.2005.08.026, (2007)

Uğur, S., “Poliesterin Dispers Boyarmaddelerle Boyama Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi*, 2004.

Uğur Ş., “Dispers boyarmaddeler ile poliester liflerinin boyanma Mekanizması”, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (1) 33-39, (2007)

US Patent 4,565,241, “Process for preparing a slurry structured metal composition”, <http://www.wikipatents.com/US-Patent-4565241/process-for-preparing-a-slurry-structured-metal-composition>, Kasım 2011

Wang B., Li C. Y., Hanzlicek J., Cheng S.Z.D., Geil P. H., Grebowicz J., Ho R., “PTT crystal structure and morphology in different length scales”, *Polymer* 42, 7171-7180, (2001)

Wang L. J. and Hu Z. H., “Synthesis and Application of a Basic Copolyamide as an Acid-dyeable PTT Fiber Additive”, *Textile Research Journal*, 79(12): 1135-

1141, <http://trj.sagepub.com/content/79/12/1135>, DOI:
10.1177/0040517508101461, (2009)

Wang L, Zhao H.F. and Lin J.X., “Studies on the ultrasonic-assisted dyeing of poly(trimethylene terephthalate) fabric”, *Color. Technol.*, 126, 243–248, doi: 10.1111/j.1478-4408.2010.00253.x, (2010)

Wang Z., Macosko C. W., and Bates F.S., “Tuning Surface Properties of Poly(butylene terephthalate) Melt Blown Fibers by Alkaline Hydrolysis and Fluorination”, *Appl. Mater. Interfaces*, 6, 11640–11648, (2014)

Wu G., Li H., Wu Y., Cuculo J. A., “Structure and property studies of poly(trimethylene terephthalate) high-speed melt spun fibers”, *Polymer* 43,4915-4922, (2002)

Wu T.M. and Lin Y.W., “Crystallization Behavior and Morphology of Poly(ethyleneco-trimethylene terephthalate)s”, *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 42, 4255–4271, (2004)

Vajnhandl S., Marechal A.M.L., “Ultrasound in textile dyeing and the decolouration/mineralization of textile dyes”, *Dyes and Pigments* 65, 89-101, doi:10.1016/j.dyepig.2004.06.012, (2005)

Vartest, <http://vartest.com/tag/fiber-content-analysis/>, Aralık 2014

Verdu P., Rego J.M., and Nieto J., “Comfort Analysis of Woven Cotton/Polyester Fabrics Modified with a New Elastic Fiber, Part 1 Preliminary Analysis of Comfort and Mechanical Properties”, *Textile Research Journal*, Vol 79(1): 14–23, DOI: 10.1177/0040517508090888, (2009)

Vo L. T. T., Lewis D. M., Choi J. H., and Shim J. J., “Novel Dyeing Methods for Dyeing Cotton and Polyester”, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, , Vol. 14, No. 1, 702-705, (2008)

Xing X., Wang Y., and Li B., “Nanofiber drawing and nanodevice assembly in poly(trimethylene terephthalate)”, Vol. 16, No. 14 / *Optics Express* 10815- 10822, (2008)

Xue C.H., Wang D., Xiang B., Chiou B.S. and Sun G., “Controlled and high throughput fabrication of poly(trimethylene terephthalate) nanofibers via melt extrusion of immiscible blends”, *Materials Chemistry and Physics*, 124, 48–51, (2010)

Yang Y, Brown H, Li S, "Some Sorption Characteristics of Poly(trimethylene terephthalate) with Disperse Dyes", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 86, 223–229, (2002)

Yıldırım F.F., Avinç O.O ve Yavaş A., "Elastic Polyesters", Oral Presentation, *Strutex 19 th International Conference: Structure and Structural mechanics of textiles*, TU Liberec, Czech Republic, (2012a)

Yıldırım F.F., Avinç O. and Yavaş A., "Poly(trimethylene Terephthalate) Fibres Part 1: Production, Properties, End-use Applications, Environmental Impact", *Journal of Textiles and Engineer* , Vol 19, no: 87, (2012b)

Yıldırım F.F., Yavaş A and Avinç O., "Overview of Poly(buthylene terephthalate) fibres", *Journal of Textiles and Engineer* , Vol 19, no: 87, (2012c)

Yıldırım F.F., O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, "Poli (trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 2: Terbiye işlemleri", *Tekstil ve Mühendis*, Cilt 19, Sayı 88, sn. 28-38, (2012d)

Yolaçan G, "PBT ve Karışımlarının Boyanması", *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006)

Yu J., Zhou D., Chai W., Lee B., Seung W.L., Yoon J., and Ree M., "Synthesis and Non-Isothermal Crystallization Behavior of Poly(ethylene-co-1,4-butylene terephthalate)s", *Macromolecular Research*, Vol. 11, No. 1, pp 25-35, (2003)

Zhang D., Sun C., Beard J., Brown H., Carson I., Hwo C, "Development and Characterization of Poly(trimethylene terephthalate)-Based Bicomponent Meltblown Nonwovens", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 83, 1280–1287, DOI 10.1002/app.2295, (2002)

Zhao L., Hu H., Shen J. And Rong H., "The use of a polytrimethylene terephthalate/polyester bi-component filament for the development of seamless garments", *Textile Research Journal*, 0(00) 1–14, (2012)

Zheng, J. Liu X. and Brady P. R., "One-bath union dyeing of wool/polytrimethylene terephthalate Blends", *Color. Technol.*, 124, 204–210, doi: 10.1111/j.1478-4408.2008.00142.x, (2008)

Zheng Y, Li J, Li R, "Study on the Tensile Performance of PTT Fiber", *Modern applied science* Vol 3, No.1, 135-138, (2009)

Zhu L., Perwuelz A., Lewandowski M., Campagne C., "Wetting Behavior of Thermally Bonded Polyester Nonwoven Fabrics: The Importance of Porosity",

Journal of Applied Polymer Science, Vol. 102, 387–394, DOI 10.1002/app.24008, (2006)

Zimmer Polymer Technology, PBT Process and Its co-Polymers, http://www.lurgi.com/website/fileadmin/user_upload/1_PDF/1_Broshures_Flyer/englisch/4018e_PBT.pdf, Haziran 2011

Zou H., Jiang J., Yang Y and Li G., “The Composition, Sequence Analysis, and Crystallization Characterization of Poly(Trimethylene-co-Butylene Terephthalate) Copolymer”, *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 45:581–592, (2006)

Zou H., Yi C., Wang L., Xu W., “Mechanical and dyeability studies of poly (trimethylene-co-butylene terephthalate) copolymer filaments”, *Materials Letters* 63, 1580–1582, doi:10.1016/j.matlet.2009.04.011, (2009)

Zou H., Wang L., Yi C., Liu H., Xu W., “Thermal, Rheological, Mechanical, and Dyeing Property Studies of Poly(ethylene-co-trimethylene terephthalate) Copolymer Filaments”, *Polym. Eng. Sci.*, 50:1689–1695, DOI 10.1002/pen.21635, (2010)

8. ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad	Fatma Filiz YILDIRIM
Doğum Yeri ve Tarihi	Isparta 08/11/1981
Lisans	Pamukkale Üniversitesi
Elektronik Posta	fatmafilizyildirim@gmail.com
İletişim Adresi	Hacıkaplanlar mah. 743 sok. No:9/3DENİZLİ

Yayın Listesi

Makaleler (Engineering Index; Compandex)

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş ve O.Ozan Avinç, “Polibütülen Tereftalat Liflerine Genel Bakış”, Tekstil ve Mühendis, Cilt 19, Sayı 87, sn. 29-42, 2012

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Poli (trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 1: Üretimi, Özellikleri, Kullanım Alanları, Çevresel Etkisi”, Tekstil ve Mühendis, Cilt 19, Sayı 87, sn. 43-54, 2012

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Poli (trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 2: Terbiye işlemleri”, Tekstil ve Mühendis, Cilt 19, Sayı 88, sn. 28-38, 2012

* F.Filiz Yıldırım, H.Gökçin Sevgisunar, Arzu Yavaş, O.Ozan Avinç ve A.Çelik, “UV Korumada Ekolojik çözümler”, Tekstil ve Mühendis, Cilt (Vol) : 21, Sayı (No) : 96, 2014

Makaleler (Ulusal Dergiler)

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Soya Fasüyesi Protein Lifleri Bölüm 1: Soya Fasüyesi Protein Liflerinin Genel Yapısı, Üretimi ve Çevresel Etkileri”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-mimarlık fakültesi Dergisi, Cilt 19, Sayı 2, 2014

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Soya Fasülyesi Protein Lifleri Bölüm 2: Soya Liflerinin Özellikleri ve Kullanım Alanları”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-mimarlık fakültesi Dergisi, Kabul edildi (basım aşamasında), 2015

Uluslararası Konferans Bildirisi

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Elastic Polyester”, Oral Presentation, Strutex 19 th International Confernce: Structure and Structural mechanics of textiles, TU Liberec, Czech Republic, 2012

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, ”Eco-Friendly plant based regenerated protein fiber: soybean, Poster Presentation”, Strutex 19 th International Confernce: Structure and Structural mechanics of textiles, TU Liberec, Czech Republic, 2012

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş ve O.Ozan Avinç, “Eco-Friendly Textile Printing with Red Beet”, International Conference, Textile Science and Economy V, 5th International Scientific-Professional Conference, November 05-06th, Zrenjanin, Serbia, Sn 57-62, 2013

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş ve O.Ozan Avinç, “Eco-Friendly Textile dyeing of some fibers with black carrot”, International Conference, Textile Science and Economy V, 5th International Scientific-Professional Conference, November 05-06th, Zrenjanin, Serbia, Sn 63-70, 2013

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş, O.Ozan Avinç ve O.Yemiş, “Pigment Printing Of Wool And Soybean Fabrics With Black Carrot (*Daucus Carota L.*) And Red Cabbage (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*)”, 6th International Scientific – Professional Conference Textile Science And Economy Proceedings, Zrenjanin, 28-30th, Sn; 19-27, 2014.

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş ve O.Ozan Avinç, “Eco-Friendly Pigment Printing With Red Beet (*Beta Vulgaris L.*) Juice And Red Onion Peel (*Allium Cepa L.*)”, 6th International Scientific – Professional Conference Textile Science And Economy Proceedings, Zrenjanin, 28-30th, Sn; 47-53, 2014.

* F.Filiz Yıldırım, Arzu Yavaş ve O.Ozan Avinç, “The Effect Of Dyeing Temperature On Colour Yield, Strength And Elasticity Properties Of Elastic Polyesters”, 6th International Scientific – Professional Conference Textile Science And Economy Proceedings, Zrenjanin, 28-30th, Sn; 86-94, 2014.

Ulusal Konferans Bildirisi

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Örümcek İpeği Lifi”, Poster Bildiri, 14. Ulusal & 1.Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu 8-9-10 Mayıs 2013, BAOB Yerleşkesi, Bursa, 2013

Ulusal Makaleler (Hakemsiz Dergiler)

* F.Filiz Yıldırım, O.Ozan Avinç ve Arzu Yavaş, “Siz Hiç Bakterilerle Boyanmış Kumaş Gördünüz mü?”, Pamukkale Teknokent Bülten, Yıl 1, Sayı 1, Haziran 2014

YER ALDIĞI PROJELER

*PTT ve PBT Lifli Kumaşların Boyama ve Haslık Özelliklerinin Karşılaştırılması ve Isıl Fiksaj İşleminin Bu Özelliklere Etkisi (2011FBE040 No'lu BAP Projesi)