



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**

<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>



---

**Poli (Trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 2: Terbiye İşlemleri**

**Poly (Thrimethylene Terephthalate) Fibres Part 2: Wet Processing**

Fatma Filiz YILDIRIM, Osman Ozan AVİNÇ, Arzu YAVAŞ  
Pamukkale Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 27 Aralık 2012 (27 December 2012)

---

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

Fatma Filiz YILDIRIM, Osman Ozan AVİNÇ, Arzu YAVAŞ (2012): Poli (Trimetilen Tereftalat) Lifleri Bölüm 2: Terbiye İşlemleri, Tekstil ve Mühendis, 19: 88, 28-38.

**For online version of the article:** <http://dx.doi.org/10.7216/130075992012198804>



***Derleme Makale / Review Article***

# **POLİ (TRİMETİLEN TEREFTALAT) LİFLERİ BÖLÜM 2: TERBİYE İŞLEMLERİ**

**Fatma Filiz YILDIRIM**

**Osman Ozan AVINÇ\***

**Arzu YAVAŞ**

Pamukkale Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli

*Gönderilme Tarihi / Received: 13.06.2012*

*Kabul Tarihi / Accepted: 20.09.2012*

**ÖZET:** Poli(trimetilen tereftalat) (PTT), yüksek elastikiyeti ile dikkat çeken ve dispers boyarmaddelerle boyanabilen bir aromatik poliesterdir. 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. Derlemenin ikinci bölümü olan bu makalede, PTT lifinin gördüğü terbiye işlemleri (ön işlemler, boyama ve bitim işlemleri vs.) hakkında bilgiler verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Politrimetilen tereftalat lifleri, ön işlemler, boyama, bitim işlemleri

## **POLY (THRIMETHYLENE TEREPHTHALATE) FIBRES PART 2: WET PROCESSING**

**ABSTRACT:** 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  $T_g$ . This study, which is Part II of a review study, gives information on the wet processing (pretreatment, dyeing, clearing, subsequent finishing treatments etc.) of PTT fiber and its effects on the fiber. This was accomplished through a broad literature survey including recent researches and developments in the area.

**Keywords:** Polytrimethylene terephthalate fibres, pre-treatment, dyeing, finishing

*\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: oavinc@pau.edu.tr*

*DOI: 10.7216/130075992012198804, www.tekstilvemuhendis.org.tr*

## 1. GİRİŞ

PTT liflerinin elastiki geri dönme özelliklerinin iyi olması, yumuşak olmaları ve kolay boyanabilmeleri, bu liflerin geliştirilmesindeki en önemli etkenler arasındadır [1]. Çalışmanın ilk bölümünde (Politrimetilen tereftalat lifleri, bölüm 1) belirtildiği gibi PTT, dimetil tereftalat (DMT) veya saflaştırılmış tereftalik asit (PTA) ile 1,3-propan diol (PDO)'un polikondenzasyon reaksiyonu ile üretilmektedir [2]. Aynı zamanda PTT liflerinin üretiminde Bio-PDO kullanımı da petrokimyasallar yerine yenilenebilir kaynaklı hammaddelerin kullanılmasını sağlayarak petrole olan bağımlılığı azaltmaya yardımcı olmaktadır [3].

PTT lifinin yapısı ve üretimi ile ilgili daha ayrıntılı bilgi makalenin birinci bölümünde anlatılmaktadır. Bu makalede ise PTT lifinin atmosferik şartlar altında kolay boyanabilirliği, gördüğü terbiye işlemleri (ön işlemler, boyama ve bitim işlemleri vs.), haslık değerleri vb. hakkında ayrıntılı bilgiler verilecektir.

## 2. POLİTRİMETİLEN TEREFTALAT LİFLERİNE UYGULANAN YAŞ İŞLEMLER

Poliester lifleri genellikle ön işlemlerden (yıkama, ağartma, ağırlık kaybı için alkali ön işlemler vb, ısıtma işlemi), boyamadan (liflerin boyanması, redüktif yıkama) ve bitim işlemlerinden geçirmektedir [4]. Yaş işlemler materyalin formuna göre değişiklik gösterebilmektedir.

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

### 2.1. Ön İşlemler

Ön işlemler haşılaların, proses yardımcılarının ve yağların, işaret kalemi mürekkebi gibi lekelerin lif yüzeyinden giderilmesine yardımcı olmaktadır [4]. Bu kirlerin giderilebilmesi için yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama işlemi dışında alkali ağırlık kaybı (soyma) işlemi de ön işlemler arasında sayılabilmektedir.

#### 2.1.1. Yıkama

Gevşek poliester stapeli, topları ve iplikleri soğuk su ve ardından sıcak su ile yapılan durulama sonucu giderilebilen suda-çözünebilir preparatlar içermektedir [4]. Liflerde proses yardımcıları, yumuşatma maddeleri veya bobin yağları gibi kimyasalların varlığı, yıkama

banyosunda non-iyonik deterjan kullanımını gerektirmektedir. Bu maddeler düzgün bir biçimde giderilemezse, lifler üzerinde depolanmakta ve daha sonraki ürünlerde lekelenmelere neden olmaktadır [4]. PTT liflerinde de yıkama işleminin amacı diğer poliester lifleri ile benzerdir.

PTT liflerinin boyamadan önce yıkanmasına verilebilecek örnek bir çalışmada lifler 1:50 flote oranında 2 ml/L non-iyonik deterjanlı (Sandozin N/A) su kullanılarak 45 °C'de ve 30 dak yıkanmış, ardından ılık su ile birçok defa durulama işleminden geçirilmiş ve numuneler oda sıcaklığında kurutulmuştur [5].

PTT liflerinin karışım olarak kullanıldığı (PP/PES karışım liflerinde 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 Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (sodyum fosfat) içeren banyoda 75 °C 'de 20 dakika yıkanmıştır [6].

PTT/PET karışım ipliklerinin yıkanmasına verilebilecek başka bir örnekte iplikler yumuşak ılık su ile (40 °C'de) durulanmakta ve oda sıcaklığında kurutulmaktadır [7].

PTT'nin kumaş formunda yıkanmasına ilişkin bir örnekte ise kumaşlar, 1:100 flote oranında 2 g/L noniyonik surfaktan ile 60 °C'de 30 dakika yıkanmış daha sonra kumaşlar durulanmış ve kurutulmuştur [8]. PTT'nin kumaş formunda yıkanmasına verilebilecek diğer bir örnekte ise kumaşlar, 1:50 flote oranında 2 g/L Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (disodyum karbonat), 2 g/L deterjan LS ile 90-100°C'de 20 dakika yıkanmıştır [9]. Numuneler yıkamanın ardından ılık su ile iyice durulanmıştır [9].

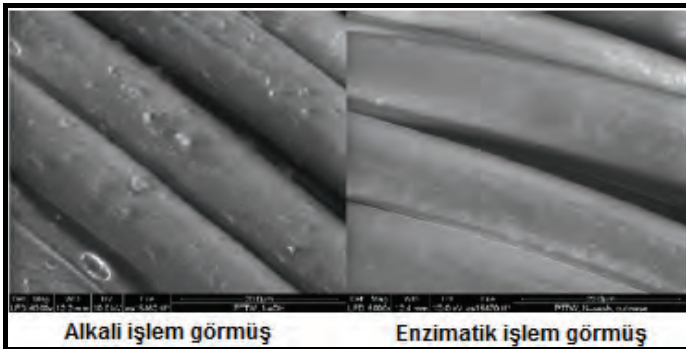
#### 2.1.2. Ağırlık Kaybı İşlemleri

PTT kumaşlarda da PET kumaşlara benzer olarak kumaş yumuşaklığını geliştirmek için alkali işleme gereksinim duyulmaktadır [10]. Poliester lifleri ipeğimsi yüzey efekti eldesi için sodyum hidroksit solüsyonları ile işleme tabi tutulabilmektedir. Bu işlem yüzeydeki polyester zincirlerinin hidroliz yoluyla ayrılmasına sebep olarak istenilen özelliklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır [11]. Birçok araştırmacı, sodyum hidroksit solüsyonu ile terbiye işlemi sonucu liflerin tutum, parlaklık ve leke tutmama gibi özelliklerinin geliştiğini rapor etmiştir. Terbiye edilmiş liflerin özellikle ağırlık kaybı oranı kontrollü olarak %15 ile %25 arasında tutulduğunda, statik elektriklenme ve

boncuklanma eğilimleri de azalmaktadır. Bunun yanında terbiye işleminin şiddeti ile doğru orantılı olarak bazı organik aminler ve amonyak lifi zayıflatarak lif yapısı içine nüfuz edebilmektedir [11].

İyi fiziksel ve kimyasal özellikler sergileyen PTT lifleri oldukça hidrofob liflerdir. PTT liflerinin hidrofilitesini artırmak için çoğunlukla alkali terbiye veya plazma terbiyesi gibi metodlar kullanılmaktadır [12]. Sentetik liflerin yüzey modifikasyonlarını sağlamak için enzimlerin kullanımı ise ilgi çekici ve yeni bir alandır [12].

Bu konu hakkında yapılmış bir çalışmada Eberl ve arkadaşları [12], PTT polimer ve oligomerlerini *Thermomyces Lanuginosus*, *Penicillium Citrinum*, *Thermobifida Fusca* ve *Fusarium Solani Pisi* gibi poliesterezaları 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 olmaktadır [12]. Alkali işlem görmüş kumaşlar ile enzimatik işlem görmüş PTT kumaşların görüntüleri Şekil 1'de verilmektedir. Alkali terbiye işlemi kumaşlardaki lifler üzerinde krater benzeri yapılara sebep olmaktadır. Kumaşlara uygulanan enzimatik işlem sonucu liflerin boya alma oranları artmaktadır [12].



Şekil 1. Alkali ve enzimatik işlem görmüş kumaşların karşılaştırılması [12]

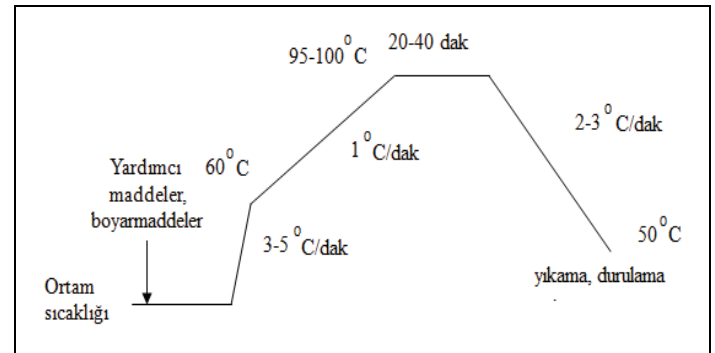
## 2.2.Boyama

PTT lif, iplik veya kumaş formlarında boyama işlemine tabi tutulabilmektedir. PTT lifleri sahip oldukları düşük  $T_g$ 'leri sayesinde atmosferik şartlarda kaynama sıcaklığında carriere ihtiyaç duyulmadan dispers boyarmaddelerle rahatlıkla boyanabilmektedir [2]. 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. Bunun nedeni, boyarmaddenin life difüzyonun sağlandığı amorf bölgelerdeki polimer makromolekül zincirlerinin segmental hareketlerinin daha düşük sıcaklıklarda başlamasıdır [13].

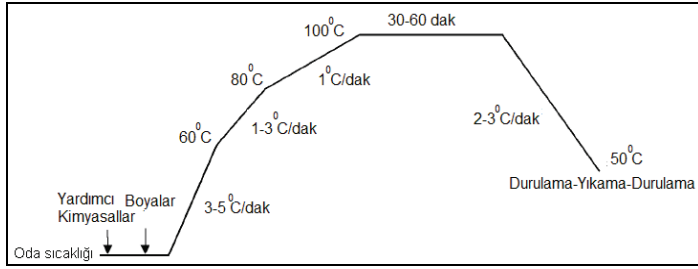
PTT liflerinin boyamasında dispergir ajanları, lubrikantları, iyon tutucuları, düzgünleştiricileri ve köpük kesicileri içeren çeşitli yardımcı kimyasallar kullanılabilir [14]. Bu kimyasalların kullanımı boya makinesinin türüne, su ve boyarmadde özelliklerine ve ayrıca son-ürün gereksinimlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu maddeler gerekli olduklarında kullanılmaktadır. PTT liflerini uygun boyama işlemi sıcaklık yaklaşık  $95\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, pH değeri ise 4 ile 9 arasında olduğunda gerçekleşmektedir. Kumaş boyanmadan önce eğer ön işlem görmediyse ön-yıkama işlemi düşünülmelidir [14]. PTT liflerinin sahip olduğu nispeten düşük camlaşma sıcaklığı yüzünden boya banyosundan çıkmadan önce boya banyosu sıcaklığı  $50\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye düşürülmelidir. Eğer sıcaklık  $50\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye düşürülmeden direk soğuk durulama adımına geçilirse kumaşların esneklik yeteneklerini kaybetmeleri söz konusu olabilmektedir. Dispers boyama 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 [14].

PTT lifleri ayrıca PET liflerinden daha düşük termal stabiliteye sahiptir [4]. Düşük termal stabilite, lif çekimi, boyama ve ısı işlem gibi çeşitli işlem adımlarında zorluklara neden olmaktadır [15]. Bu durumda PTT'ye uygulanacak ön-işlemlerin, boyamanın ve ısı işlemlerin PET'den daha düşük sıcaklıklar olması önerilmektedir. PTT'nin boyanması sırasında düşük enerjili dispers boyaların kullanımı da daha uygun görülmektedir [4]. PTT'nin düşük-enerjili boyarmaddelerle boyanmasına ait bir örnek bir diyagram Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Düşük enerjili boyalarla PTT boyama diyagramı [4]

Başka bir boyama prosesi diyagramı da Şekil 3'te verilmiştir. PTT liflerine ait uygun boyama koşulları, tekstil materyalinin terbiye geçmişine ve özelliklerine, boyarmaddelerin özelliklerine, boyama yardımcı maddelerine, boyama makinelerine ve nihai ürünün gereksinimlerine bağlı olarak değişebilmektedir [14].



Şekil 3. PTT boyama prosesine ait bir referans diyagramı [14]

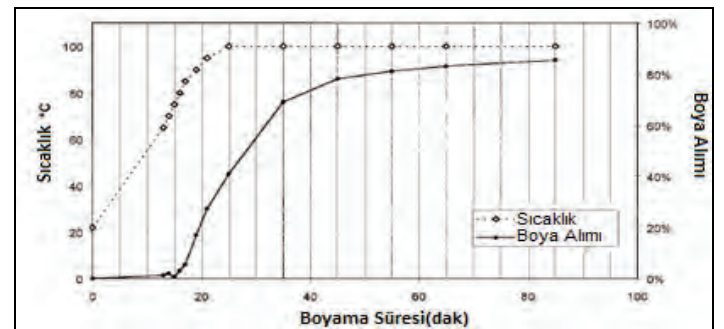
PTT lifleri atmosferik kaynama koşullarında boyandıklarında ışığa, ozona ve NO<sub>x</sub>'e karşı PET'e benzer biçimde iyi renk haslığı değerleri sergilemektedir [2]. Ayrıca, basınç altında gerçekleştirilen boyamalarda PTT renklerin farklı tonlarına boyanabilmektedir [16]. Ayrıca, PTT alkali işlem gerektirmeden de yumuşak bir tutum sergileyebilmektedir [15].

### 2.2.1. Boya Alımı ve Boyamayı Etkileyen Faktörler

PTT liflerindeki boya alımı mekanizması poliester liflerindeki boya alımına benzerdir. Boya alımı, boyama oranı, kinetik faktörler, absorpsiyon izotermi ve sıcaklığın etkisi gibi faktörler, PTT liflerinin boyanma mekanizması hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu bilgilerin elde edilebilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ovejero ve arkadaşları [5], sıcaklığın boya alımı ve boyanma oranı üzerine etkisini değerlendirebilmek için PTT liflerini C.I. Disperse Red 82 mono-azo dispers boyarmaddesi ile 60, 70, 80 ve 90 °C'lerde boyamıştır [5]. Numuneler, 1:50 flotte oranında % 0,1 boyarmadde konsantrasyonunda 1,5 ml/L dispergir madde (Liocol RDN) içeren banyoda pH 6'da (asetik asit ile ayarlanmıştır) boyanmıştır. Boyamadan sonra numunelere 30 °C'de yıkama yapılmıştır [5]. Çalışmanın sonuçlarına göre dengedeki boya alımı, boyama sıcaklığının artması ile artmaktadır, 60 °C'de % 28,1 olan boya alımı 90 °C'de % 96,2'ye yükselmektedir [5]. PTT liflerinin boyanmasında boyama oranı da sıcaklığın artmasıyla birlikte artmakta ve banyodan alınan boyarmadde miktarı 80 °C üzerindeki sıcaklıklarda kabul edilebilir değerlere ulaşmaktadır [5]. 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 [5].

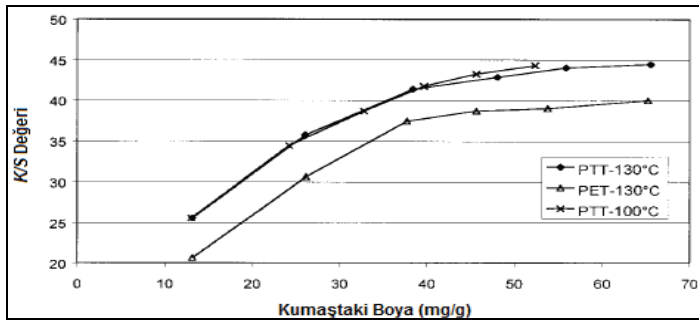
Yang ve arkadaşları [14] yaptıkları çalışmada, PTT'den üretilmiş kumaşların (% 100 PTT ipliğinden örgü kumaş) sorpsiyon kinetiklerini, izotermelerini ve boya alımı ile renk tonu gelişimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu karakteristikleri PET kumaşların değerleri ile karşılaştırmıştır [14]. Uygulanan boyama işlemlerinde sorpsiyon izotermi olarak Nernst ve Langmuir modelleri kullanılmıştır. Bu tip bilgiler PTT'nin boyanma davranışlarını anlamak ve tekstil endüstrisine daha uygun boyama prosesleri dizayn edebilmek için önemlidir [14]. Boyamada kullanılan boyarmaddeler enerji seviyelerine, kimyasal özelliklerine ve endüstrideki popüleritelerine göre seçilmiştir [14]. Kullanılan boyarmaddeler C.I. Disperse Red 60, 82 ve 167:1 ve C.I. Disperse Blue 56 ve 79'dur. Yang ve arkadaşlarının [14] yaptıkları çalışmada, PTT'nin 100 °C ve altındaki sıcaklıklarda boyanması sırasında yumuşak su pH ayarlamasına gerek duyulmadan direkt olarak kullanılmıştır [14]. Boya banyosu pH'ı yaklaşık 7'dir. 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 sıcaklıklarda alımı belirlemek için ise % 0,5 boyarmadde konsantrasyonu kullanılmıştır. Boyamalar 1:100 flotte oranında gerçekleştirilmiştir. İzoterm çalışmaları için 1:10 flotte oranında çalışılmıştır [14]. Boyama işlemi, oda sıcaklığında başlatılmıştır. Sıcaklık 3 °C/dak hız ile boyama sıcaklığına kadar artırılmıştır. Boyamadan sonra kumaşlar akacak boya kalmayınca kadar durulanmıştır [14]. İlgili boyamaya ait değişen sıcaklıklarda boyama oranı diyagramı Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Dispers boyarmadde (CI Disperse Blue 56) ile % 1,2 koyulukta PTT kumaşın boya alımı (boyama 22 °C'de başlamış ve sıcaklık 100 °C'ye çıkarılmıştır) [14]

PTT kumaşların boyanması sırasında sıcaklık 60 °C'nin altında iken liflere boyarmadde sorpsiyon miktarı çok düşüktür [14]. Sıcaklık 80 °C'yi aştığında boya alımı dikkat çekici bir biçimde artmaktadır. 100 °C'de 20 dak sürede banyodan çekilen boyarmaddenin % 90'ı veya daha fazlası alınmaktadır [14].

Eğer boyama % 2'nin altında ise (açık-orta renk tonları) boyama sıcaklığı 100 °C'yi geçse de boya alımı artmaktadır [14]. Bunun nedeni muhtemelen banyoya başlangıçta eklenen boyarmaddenin büyük bir çoğunluğunun 100 °C'de lif tarafından alınmasıdır. Bunun yanında artan sıcaklıkla birlikte PTT üzerindeki boyalabilir alanlar artmaktadır fakat boya banyosunda hiç boyarmadde kalmadığı için sıcaklığın yükseltilmesi boya alımını arttırmamaktadır [14]. 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 alımının 130 °C'dekinden 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 [14]. Eğer yüksek sıcaklıklarda boyama ekipmanı varsa ve boya alımı artışındaki kazanç önemli ise, özellikle koyu renklerde, boyama sıcaklığının 100 °C'nin üzerinde olması faydalı olabilecektir [14].



Şekil 5. Farklı sıcaklıklardaki boya alımı ve renk verimi değerleri (K/S) arasındaki ilişki [14]

Şekil 5'te 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 [14]. Küçük moleküler yapılı ve/veya kümelenme ile kristal formu oluşturmaya daha az eğilimli boyarmaddeler yüksek boyama oranları sergilemektedir. Boyama oranının boyarmaddenin enerji seviyesi ile ilişkili olması zorunlu değildir. Boyama sıcaklığındaki artış, sıcaklık 70 °C'yi geçtiğinde kesinlikle kontrol edilmelidir [14]. Hızlı artan sıcaklıklarda fazla miktarda ve hızlı boya alımı yüzünden düzensüz boyamalar meydana gelebilmektedir [14]. Poliester liflerinin dipsers boyarmaddelerle boyanmasında olduğu gibi PTT liflerinin boyanması da Nersnt izotermine göre olmaktadır [14].

Kim ve arkadaşları [8] yaptıkları çalışmada, PTT ve kolay boyanabilir poliester (EDP) kumaşların boyanma özelliklerini kinetik faktörler (*standart afinite, entalpi ve entropi değişimleri, difüzyon katsayısı*) bakımından incelemiş ve sonuçları PET kumaşların ilgili faktörleri ile karşılaştırmıştır. 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-diaminoantrolkinon) boyarmadde içeren çeşitli boya banyolarında 100, 110, 120 ve 130 °C gibi çeşitli sıcaklıklarda boyanmıştır [8]. Kim ve arkadaşlarının [8] çalışmış olduğu kinetik faktörlerden biri standart afinite ( $-\Delta\mu^\circ$ )'dir. Bu değer boyarmaddenin çözüldüğüden life hareket etme eğilimini ölçmektedir. Boyanmış PTT ve EDP kumaşların standart afinite ( $-\Delta\mu^\circ$ ) değerleri PET kumaşın standart afinite değerinden bir miktar daha yüksek bulunmuştur [8]. Bir diğer faktör entalpi değişimi ( $\Delta H^\circ$ )'dir [8]. Entalpi değişimleri boya moleküllerinin polimer zincirlerine adsorbe edilirken serbest bırakılmış termal enerji miktarını ölçmektedir. Bir başka faktör de entropi değişimleri ( $\Delta S^\circ$ )'dir [8]. Diğer bir deyişle entropi değişim değerleri lifler içindeki boyaların sabitlik ölçümü anlamına gelmektedir. Çalışma göstermektedir ki PET kumaşa ait entalpi değişimi ( $\Delta H^\circ$ ) ve entropi değişimi ( $\Delta S^\circ$ ) negatif en büyük değerlere, PTT kumaşa ait  $\Delta H^\circ$  ve  $\Delta S^\circ$  ise negatif en küçük değerlere sahiptir [8]. Diğer iki faktör difüzyon katsayısı ( $D_T$ ) ve boyama sıcaklığına difüzyon katsayısının bağımlılığını açıklayan difüzyonun aktivasyon enerjisi ( $E_D$ )'dir [8]. Sıcaklık yükseldiğinde üç tip poliester kumaş için de difüzyon katsayısı ( $D_T$ ) değerlerinin yükseldiği belirtilmektedir [8]. Her sıcaklıkta PTT kumaş en yüksek ve PET kumaş en düşük difüzyon katsayısı ( $D_T$ ) değerlerine sahip bulunmuştur [8]. PTT ve EDP kumaşların difüzyon aktivasyon enerjisi ( $E_D$ ) değerleri ise PET kumaşın  $E_D$  değerinden daha düşük bulunmuştur [8].

### 2.2.2. Lif Karışımlarının ve Liflerin Çeşitli Metodlarla Boyanması

PTT liflerinin boyanmasında çektirme metodu dışında farklı metodlarda kullanılabilir. Ultrason destekli boyama ve süperkritik ortamda boyama metodu bu yöntemlerden bazılarıdır. Ultrason enerjisi, düşük sıcaklık ve düşük kimyasal konsantrasyon gibi normal koşullar altındaki mevcut tekniklere benzer veya daha iyi sonuçlar sağlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı ultrason enerjisi ile desteklenen tekstil boyama prosesleri dikkat çekmektedir [17].

Wang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada [17], PTT kumaşı Disperse Red FB boyarmaddesi ile ultrasonik enerji kullanarak boyamıştır [17]. Ayrıca kumaşın *K/S* değerlerine, lif yapısına ve dispers boyarmaddelere ultrasonun etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, ultrasonik enerjinin kumaşın *K/S* değerini artırdığını, 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 ultrasonun boyanan kumaşların *K/S* değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. Adsorbsiyon izotermi olarak Langmuir modelinin kullanılması adsorbsiyonu daha iyi simüle edilebilmektedir [17]. Wang ve arkadaşlarının [17] yaptıkları çalışmada, 1 g/L Disperse Red FB içeren, flote oranı 1:100 olan bir boya banyosu kullanılmıştır. Ultrasonun klasik boyama koşulları ultrason–destekli boyamanın koşulları ile ultrason radyasyonu dışında aynıdır [9]. Ayrıca, PTT kumaşlara liflerin yüzeyindeki oligomerlerin giderilebilmesi için 65 °C'da 60 dakika sıcak su ile ultrasonlu ve ultrasonun yıkama işlemleri uygulanmıştır. Uygulanan ultrasonik işlemler, PTT liflerinin kristal yapısını değiştirmemekte fakat lif yüzeyindeki oligomerleri koparmaktadır [17]. Ayrıca, ultrasonik işlem lif içindeki mikrokristalleri gözle görünür biçimde oynatarak amorf bölgeleri genişletmektedir. Bu sayede daha fazla dispers boyarmadde PTT liflerine difüze olabilmektedir [17]. 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 ile düşük sıcaklıklarda bile PTT kumaşın renk koyuluğu artmaktadır [17]. Dahası ultrason destekli boyama işlemi sırasında lif şişirici maddeler kullanıldığında PTT kumaşların renk verimi artmakta, boyama süresi azalmakta ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır [17].

Poliester tekstil yüzeylerine uygulanan klasik boyama metodunda, çok miktarda atık su (yok edilmesi zor ve çok azı bio-bozunur atık içeren su) üreten birçok dispersgir ve yüzey aktif maddeye gereksinim duyulmaktadır. Çevreye dost süperkritik ortamda boyama metodunda suya, dispersgir maddeye ve yüzey aktif maddelere gereksinim duyulmamaktadır. Bu metod, boyama sonrasında herhangi bir kurutma işlemine ihtiyaç olmadığı için enerji tasarrufu da sağlamaktadır [18]. Vo ve arkadaşları [18] süperkritik ortamda boyama metodu ile PTT liflerinin kolayca boyanabildiğini belirtmiştir.

Yapılan diğer çalışmalarda PTT liflerinin diğer liflerle oluşturduğu karışımların boyanmasında boya alımı, renk verimi ve haslık değerleri de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, PTT liflerinin sahip olduğu kolay boyanabilirlik özelliğinin karışımlara da yansıdığını göstermektedir. Karışımlarda bulunan PTT içeriğinin artması ile boyanabilirlik de artmaktadır.

PTT lif karışımlarının boyanması ile ilgili yapılmış bir çalışmada Bolhová ve arkadaşları [6], 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 1). Karışım lif örnekleri 1 g/L Kortamol NNO (dispersant), 2 g/L (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (amonyum sülfat), 0,17 g/L Texavin ile % 1 koyulukta (C.I. Disperse Blue 79 ve C.I. Disperse Violet 95) ile 98 °C'de boyanmıştır. Boyanmış örneklere ait *K/S* Şekil 6'da verilmiştir.

Sonuç olarak PP/PES karışım liflerine dispers boyarmaddelerin afinitesi PP matrisinde dağılmış PES'in tipinden ve içeriğinden etkilenmektedir [6]. En yüksek *K/S* değerlerine B tipi PP/PES karışımlarında ulaşılmaktadır. Ayrıca boyamadan sonra redüktif yıkama işlemi *K/S* değerini azaltmaktadır. Tüm karışım lif örneklerinin boyanmasında çizgi çizgi boyama efekti oluşmadan düzgün bir boyama gerçekleştirilebilmektedir [6].

Zou ve arkadaşları [19], Polietilen-ko-Trimetilen Tereftalat (PETT) kopolimerlerinin termal, reolojik özelliklerini ve boyanma özelliklerini incelemiştir [19]. PETT (PETT-15'de rakamlar PTT içeriğini vermektedir) filamentler 1:50 flote oranında % 2 C.I. Disperse Blue 56 boyarmaddesi kullanılarak boyanmıştır. Atmosferik şartlarda yapılan boyamada boya banyosu pH'ı 7 civarındadır ve boyanma süresi 60 dakikadır. Lifler HT

şartlarında yapılan boyamada pH 5,5 civarında boyanmıştır (Şekil 7). Boyama işlemlerinden sonra lifler durulanmıştır. PETT kopolimer filamentlerinin boya alım ve *K/S* değerlerinin karşılaştırılması Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.

PETT kopolimer filamentlerinin boyanabilirlik değerleri PET, PBT ve PTT homopolimer filamentlerinin boyanabilirlik değerleri arasındadır [19]. PETT kopolimerinde PTT içeriği arttıkça boya alım miktarı ve *K/S* değeri yükselmektedir [19].

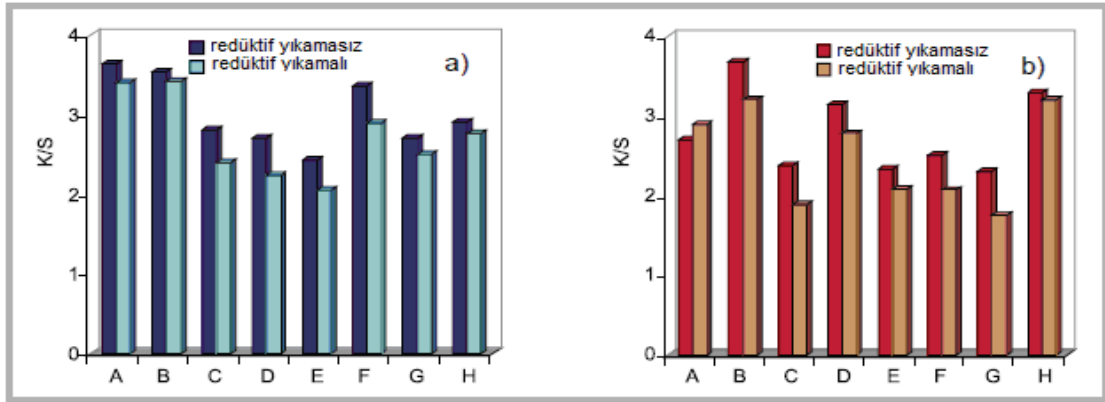
Zou ve arkadaşları [20], eriyikten lif çekimi yöntemini kullanarak çeşitli oranlarda Politrimetilen-ko-bütülen

tereftalat (PTBT) kopolimer filamentlerini hazırlamıştır. Oluşturulan PTBT (PTBT-15'de rakamlar PTT içeriğini vermektedir) filamentler 1:50 flote oranında % 2 koyulukta C.I. Dispers Blue 56 ile atmosferik şartlarda ve HT şartlarında boyanmıştır. Atmosferik şartlarda yapılan boyamada, boya banyosu 100 °C'ye ısıtılmış ve 60 dakika boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. HT şartları altında yapılan boyamada, sıcaklık oda sıcaklığından 120 °C'ye yükseltilmiş ve 60 dakika boyama yapılmıştır [20]. Boyama işlemlerinden sonra lifler durulanmıştır. PTBT kopolimer filamentlerinin *K/S* değerleri Şekil 10'da verilmiştir [20].

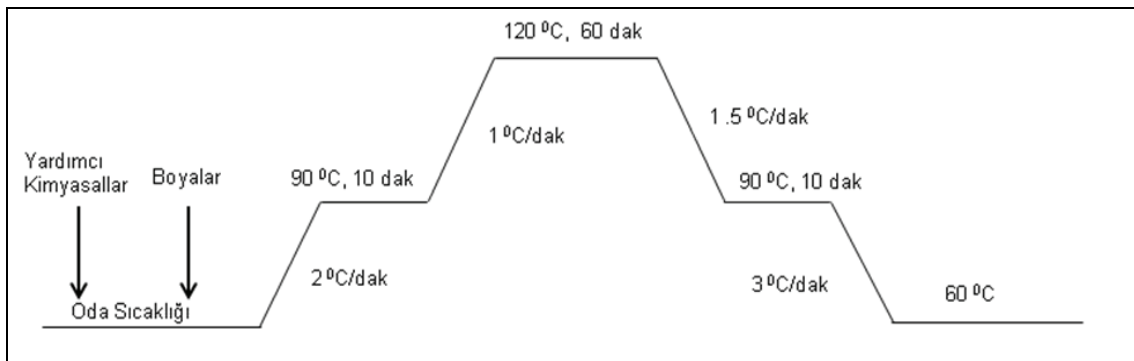
Tablo 1. PP/PES karışımlarının kompozisyonu [6]

Lif Tipi	A	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)

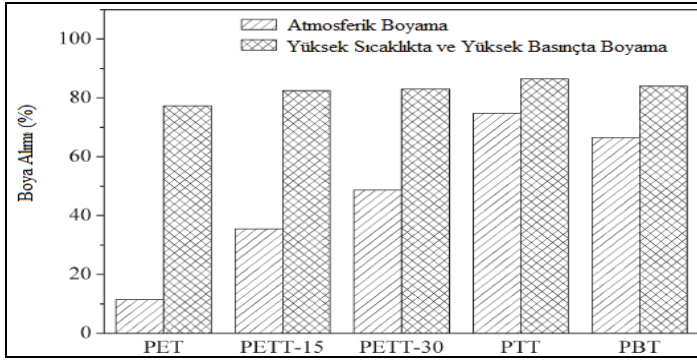


Şekil 6. Dispers Blue 79 (a) ve Dispers Violet 95 (b) ile 98 °C'de boyanmış PP/PES karışım lif tiplerinin *K/S* bağımlılıkları [6]

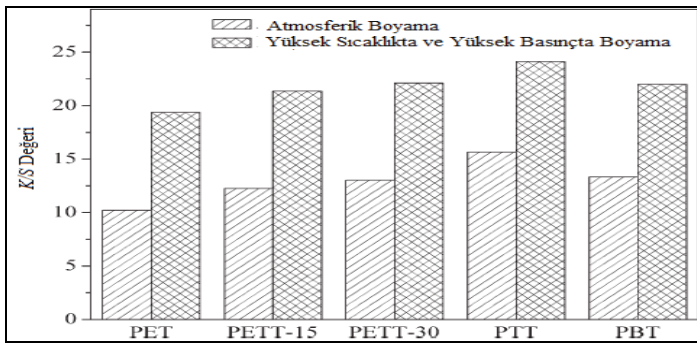


Şekil 7. Boyama grafiği [19]



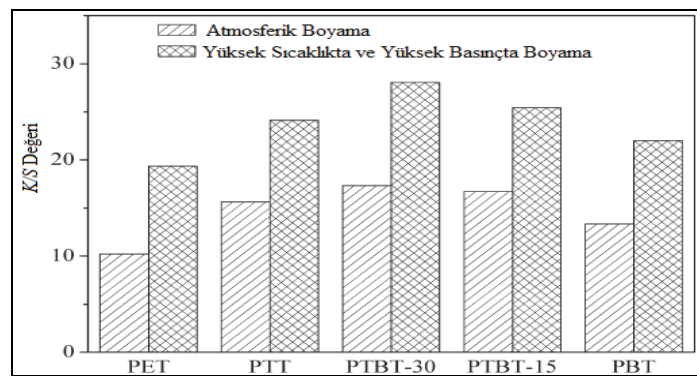


Şekil 8. PETT Kopolimer Filamentinin Boya Alımı [19]



Şekil 9. PETT Kopolimer Filamentinin K/S değerleri [19]

PTBT kopolimerindeki PTT içeriği arttıkça boya alım miktarı ve K/S değeri yükselmektedir. PTBT kopolimer filamentlerinin camlaşma sıcaklıkları saf (PET, PTT ve PBT) filamentlerin camlaşma sıcaklıklarından daha düşüktür. Kopolimer filamentleri atmosfer şartları altında boyanabilmektedir [20].



Şekil 10. PTBT filamentlerinin K/S değerleri [20]

Yapılmış başka bir çalışmada Wang ve arkadaşları [21], bir dizi basit kopoliamidi adipik asit (AA), heksametilen daimin (HMDA) ve dietilenetriamin (DETA) kullanarak sentezlemiştir. Daha sonra PTT polimerini kopolyamid ile karıştırarak asit-boyarmaddelerle boyanabilir PTT lifini üretmiştir [21]. Bu şekilde polimer modifiye edilerek veya boyama parametreleri oynanarak lifin boya-

nabilirliği artırılmaktadır. PTT liflerinde asit boyarmaddelerinin alımı, maksimum % 95,83'e ulaşmaktadır [21]. Liflere daha iyi boyanma davranışı kazandırabilmek için modifikasyon sırasında kopolimerdeki dietilenetriamin (DETA) konsantrasyonu artırılabilir [21]. Çok fazla DETA kullanımı kopoliamidin termal stabilitesini ve PTT/kopoliamid çekilebilirliğini kötü etkilemektedir. Bu yaklaşımlar arasında dengeleme gerekmektedir. 0,25 (MF) DETA kullanımı iyi lif çekilebilirliği ve koyu renk tonları sağlamaktadır. Pratik açıdan bakıldığında lifin mekanik özelliklerini koruyabilmek için çok az katkı maddesi kullanılması en uygun yaklaşımdır [21]. Lifin asit boyarmaddelerle boyanabilirliğini artırmak için kullanılan başka bir yaklaşım da lif çekiminden önce polimere boya-sabitleyici katkı maddeleri eklenmesi ve böylece polimerin fiziksel olarak modifiye edilmesidir. Katkı maddesi olarak temel nitrojen katkı maddeleri (poliamin, poliimin, poliamid, poliimid, poliüre, poliüretan vb) kullanılabilir [21]. Liflerin asit boyarmaddelerle boyanabilir olması sayesinde en ucuz boyarmaddeler kullanılabilir ve ayrıca geniş renk tonu aralığı, parlak renk tonları ve iyi ışık haslık değerleri elde edilebilmektedir. Ayrıca asit boyarmaddelerle boyanabilen PTT liflerinin üretilmesi ile PTT lifleri yün ve naylon lifleri ile birlikte boyanabilecektir [21]. Modifiye edilmiş PTT lifleri 1:50 flote oranında % 4 boya konsantrasyonunda (Blue SGM asit boyarmaddesi içeren), % 3-15 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (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 11'de verilmiştir.

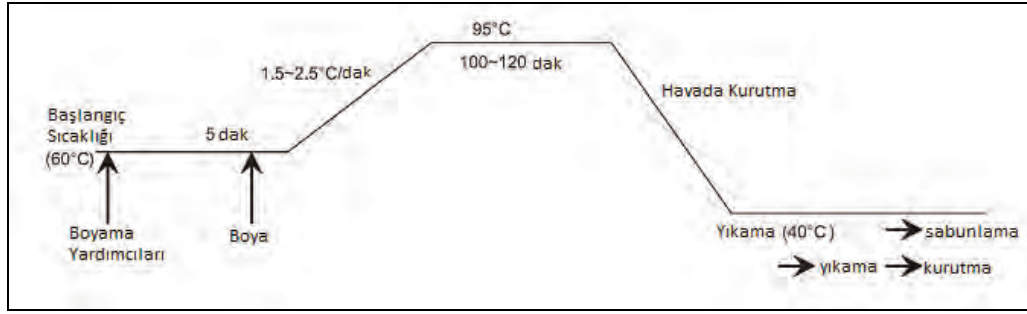
Klancınik [7], iki farklı PBT ipliğinin (PBT-1; Elite 56 dtex f24, PBT-2; Elite 56 dtex f36), PET/PTT bikomponent ipliğinin ve PET multifilament tekstüre ipliğinin boyanabilirliklerini incelemiştir. Çalışmada iplik örnekleri K/S, renk karakteristikleri ve haslık özellikleri bakımından değerlendirilmektedir. PET/PTT bikomponent lifleri, Invista firması tarafından yan-yana bikomponent düzeninde üretilen ve 'ElastereLL-p' olarak adlandırılan liflerdir [7]. Boyama işleminde yüksek enerjili azo Terasil Red W-RS (iyi yıkama haslığına sahip, CI Dispers Red 378) ve orta enerji seviyeli Terasil Yellow GWL-01 (CI Dispers Yellow 42, kimyasal olarak nitrodifenilamin) boyarmaddeleri kullanılmıştır [7]. İplik örnekleri (4,5 g) 1:40 flote oranında (flote-iplik oranında), yumuşak su, % 1,5 konsantrasyonda boyarmadde, 1 g/L Univadine TOP (anyonik disperser ve düzleştirici madde), 1 g/L (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (amonyum sülfat) ve seyreltik formik asit içeren (pH'ı 5 olarak ayarlayacak miktarda) boya banyosunda boyanmıştır

[7]. Boyama işlemi 55 °C'de başlamış, 100, 105, 110, 115, 120, 125 veya 130 °C'lere kadar yükseltilmiş ve 65 dakikada gerçekleştirilmiştir. Boyamadan sonra banyo soğutulmuş, iplikler soğuk su ile durulanmış ve daha sonra numunelere redüktif yıkama yapılmıştır [7]. Yapılan boyamaların sonuçlarına göre PBT iplikler, 105 °C'de yüksek enerjili boyarmaddelerle boyandıklarında en iyi sonuçlar elde edilmektedir [7]. Boyama sıcaklığının daha fazla artması PBT ipliklerinin renk verimini çok önemli ölçüde etkilememektedir. Yüksek enerjili boyarmaddelerle PET/PTT ipliklerinin boyanmasında sıcaklığın etkisi çok daha belirgindir. Yüksek enerjili boyarmaddelerle yapılmış boyamada optimum boyanabilirliğe 120 °C'de, orta enerjili boyarmaddelerle yapılmış boyamada optimum boyanabilirliğe 100 °C'de ulaşılmaktadır [7]. PBT iplikleri kopolimer PET/PTT iplikleri ile karşılaştırıldıklarında, düşük sıcaklıklarda bile büyük molekülü dispers boyarmaddelerin lifin içine kolayca nüfuz edebileceği daha gevşek bir moleküler yapı sergilemektedir. 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 sergilemektedir. Poliester iplik örneklerinin sahip olduğu *K/S* ve renk haslığı değerleri Tablo 2'de verilmiştir [7].

PET/PTT karışım ipliklerinin yüksek sıcaklıklardaki (120-130 °C aralığındaki sıcaklıklarda) *K/S* değerleri PBT-1 ipliğinden yaklaşık olarak 1,1, PBT-2 ve PET ipliklerinden yaklaşık olarak 1,3 kat daha yüksektir [7]. Bu durumda PET/PTT ipliklerinin rengi diğer ipliklerden daha koyu ve doygun görünmektedir. Ayrıca kırmızıya boyanmış PBT ve PET/PTT ipliklere ait ışık renk haslığı değerleri oldukça iyidir fakat bu ipliklerin haslık değerleri sarıya boyanmış PET ipliklerin ışık renk haslığı değerlerinden düşüktür [7]. Ayrıca sarı ile boyanmış PET ipliklerinin ışık haslık değerleri kırmızı ile boyanmış ipliklerin değerlerinden daha iyidir. Bilindiği gibi lifteki boyarmaddelerin ışık haslık değerleri boyarmaddenin kimyasal yapısı, lifteki boyanın fiziksel durumu ve konsantrasyonu, lifin fiziksel ve kimyasal yapısı ve boyarmadde-lif ilişkisi gibi birçok faktörün bileşimine bağlıdır [7].

Zheng ve arkadaşları [9], PTT veya PET ile yünlü kumaş karışımlarının tek-banyolu metod ile boyanmalarını incelemiştir. Yün/poliester karışım kumaşlar tek banyolu veya iki banyolu metodlar ile boyanabilmektedir. İki tip kumaşın aynı anda boyanmasını sağlayan tek banyolu boyama metodu daha basittir ve enerji

tüketimi daha düşüktür [9]. Tatmin edici bir tek-banyolu boyama işlemi gerçekleştirilebilmek için ilgili liflerde boyarmaddenin iyi haslık değerleri göstermesi gerekmektedir [12]. Ayrıca 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 kaçınılmalıdır [9]. Zheng ve arkadaşlarının [9] yaptığı çalışmada yün liflerinin boyanması için Lanazol, PET ve PTT lifinin boyanması için Terasil boyarmaddeleri kullanılmıştır [9]. Boyama sıcaklığı gerek duyulan oranda yükseltilmiş ve maksimum boyama sıcaklığında 60 dakikada boyamada işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyamadan sonra tüm örnekler, sıcak ve soğuk su ile durulanmış ve daha sonra sabunlanmıştır [9]. PTT liflerine Terasil dispers boyarmadde alımı 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. Yün/PTT karışımlarının tek banyolu metod ile boyanmasında, yün liflerini terasil dispers boyarmaddelerin lekelemesi, yün/PET karışımlarının boyanmasında karşılaşılan lekelenmeden önemli miktarda azdır. Yün/PTT karışımlarının tek banyolu metodda boyanmasında 110 °C'nin altındaki sıcaklıklarda uzun süreli boyamalarda ve boyama sonrası sabunlama yapıldığında, yünde nispeten fazla lekelemeye sebep olan Terasil Blue W-GS hariç, yünü Terasil dispers boyarmaddelerin lekeleme miktarı düşüktür. Terasil ve Lanazol boyarmaddeler ile yün/PTT karışımlarının tek banyolu metod ile boyanmasında pH seviyesinin 4,5-5, başlangıç sıcaklığının 30-40 °C, sıcaklık artış oranının 1-2 °C/dak ve maksimum boyama sıcaklığının 110 °C olmasının uygun olduğu görülmüştür. Bu şartlar altında Terasil dispers boyarmaddelerin yünü lekelemesi minimaldir ve düzgün boyanmış yün/PTT karışım ürünleri yıkamaya karşı iyi renk haslıkları sergilemektedir [9]. Aynı zamanda yünün gördüğü zarar, yün/PET karışımları için kullanılan yaygın pratik proseslere göre daha düşüktür ve carrier kullanımı gerekli görülmemektedir [9]. 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 [9].



Şekil 11. Modifiye PTT liflerinin asit boyarmaddelerle boyanma prosesi [21]

Tablo 2. İplik örneklerinin K/S ve haslık değerleri [7]

İplik	Boya	Boyama Sıcaklığı (C)	K/S	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

### 2.3. Ard Yıkama

Boyama işlemi tamamlandıktan sonra optimal haslıklar, polimer matrisine nüfuz etmeden yüzeyde birikmiş boyarmaddelerin uzaklaştırılması ile elde edilebilmektedir [4]. Bu nedenle boyama işleminden sonra redüktif yıkamalar yapılabilmektedir.

PTT lif karışımlarına uygulanan redüktif yıkamalara verilebilecek bir örnekte [6] boyanmış lif karışım örnekleri 3 ml/L NaOH (sodyum hidroksit) 38 °Be, 1,5 g/L Slovan ve 2 g/L Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (sodyum hidrosülfid) içeren bir çözeltide 75 °C'de 20 dakika redüktif yıkamadan geçirilmiştir [6].

PTT lif karışımlarına uygulanan redüktif yıkamalara verilebilecek bir başka örnekte [7] karışımlar; 1:40 flote oranında, 3 ml/L NaOH (sodyum hidroksit) 38 °Be, 2 g/L Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (sodyum hidrosülfid) ve 1 g/L Eripon 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 [7].

PTT ve yünlü kumaşların boyanmasından sonra gerçekleştirilen sabunlama işlemine verilmiş bir örnekte ise [9] kumaş örnekleri 1:50 flote oranında 1 g/L Cibapon R ((sabunlama maddesi-aniyonik),

(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodyum karbonat) eklenmesi ile pH 8-8,5'a ayarlanmıştır)) içeren çözelti ile 80 °C'de 15 dakika yıkanmış ve kurutulmuştur [9].

### 2.4. Bitim İşlemleri

UV/O<sub>3</sub> terbiye işlemi sentetik ve doğal liflerin hidrofilitelerini ve kationik boyalarla boyanabilirliklerini artırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca bu işlem buruşmazlık apresi, kalıcı ütü apresi, çekmezlik apresi ve desenli boyama efekti oluşturma gibi terbiye işlemlerini iyileştirmek için de kullanılabilir [15]. UV/O<sub>3</sub> işlemi, yüksek sıcaklık muamelesi gerektiren işlemler sırasında meydana gelebilen PTT kumaşların elastiki özelliklerinin kötüleşmesi ve sert tuşe gibi olumsuzluklardan kaçınma konusunda da faydalı olabilmektedir [15]. Bu konu hakkında yapılmış bir çalışmada Jang ve Jeong [15], nano düzeyde yüzey pürüzlülüğü oluşturmak için UV ampülü kullanarak farklı zaman aralıklarında PTT ve PET kumaşlara terbiye işlemini uygulamıştır. UV/O<sub>3</sub> 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 [15]. İşlem görmüş poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanabilirlikleri değişmez-

ken, boyamadan önce ve sonra uygulanan UV/O<sub>3</sub> işleminden dolayı siyah dispers boyarmaddelerle boyanmış kumaşların açıklık/koyuluk ( $L^*$ ) değerlerinde azalmalar gözlemlenmektedir. UV/O<sub>3</sub> işlemi poliester kumaşların renklerinin derinleştirilmesi için nano düzeyde yüzey pürüzlülüğü oluşturma metodu olarak plazma tekniklerinin yerine geçebilecektir [15]. UV/O<sub>3</sub> işlemi, poliester kumaşların sadece dış yüzey katmanlarını değiştirdiği için renk haslık değerlerini geriletmemektedir [15]. Bu yüzden boyanmış kumaşlar çok iyi yıkama ve sürtme haslığı değerleri sergilemektedir. Ayrıca bu terbiye işlemi ile liflerin katyonik boyarmaddelerle boyanabilirlikleri de artmaktadır [15].

### 3. SONUÇ

PTT lifleri üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde tekstil endüstrisinde yer bulmaktadır. Ayrıca PTT, düşük  $T_g$ 'si sayesinde kaynama sıcaklığında, atmosferik basınç altında dispers boyarmaddelerle kolaylıkla boyanabilmektedir. PTT lifleri de diğer poliester liflerinde olduğu gibi çeşitli yaş işlemlerden (ön işlemler, boyama, bitim işlemleri) geçirilmektedir. PTT lifleri sahip oldukları düşük  $T_g$  sıcaklığı değerlerine rağmen iyi haslık değerleri sergileyebilmektedir. PTT liflerinin sahip olduğu iyi fiziksel ve kimyasal özellikler yanında carriere ihtiyaç duyulmadan kolayca boyanabilir olması life olan ilgiyi artırmaktadır. PTT liflerine uygulanan terbiye işlemleri hakkında çok fazla Türkçe kaynak bulunmamaktadır. Bu derleme çalışması ile lifin gördüğü terbiye işlemleri hakkında ayrıntılı bilgiler verilerek Türkçe literatür sıkıntısının giderilmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Thiele U. K. (2002), "A new polyester for textile applications", Polyester Technology Published in: Textile Technology International, page 37-41
2. Deopuno B.L, Alogirusamy R, Joshi M. and Gupto B., (2008), "Polyester and Polyamids", CRC Press; 1 edition, Santhana Gopala Krishnan P. and Kulkarni S.T., "I. Polyester Resins"
3. [http://www2.dupont.com/Sorona\\_Consumer/en\\_US/Commercial\\_Carpet/Commercial\\_Carpet/Natural\\_Choice.html](http://www2.dupont.com/Sorona_Consumer/en_US/Commercial_Carpet/Commercial_Carpet/Natural_Choice.html), Kasım 2011.
4. Hawkyard C., (2004), "Synthetic Fibre Dyeing", Society of Dyers & Colourists, Mock G., Chapter 2, "Dyeing of polyester fibres"
5. Ovejero R. G., Sánchez J. R., Ovejero J. B., Valldeperas J. and Lis M.J., (2007), "Kinetic and Diffusional Approach to the Dyeing Behavior of the Polyester PTT", Textile Research Journal Vol 77(10): 804–809.
6. Bolhová E., Ujhelyiová A., Vařková K., Marcinčin A., (2007), "Dyeing Kinetics and Colouristic Properties of Blend PP/PES Fibres", Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 15, No. 5 - 6 (64 - 65).
7. Klanc'nik M., (2006), "Dyeability of new polyesters", Coloration Technology, 122, 334–337.
8. Kim T. K., Son Y.A., Lim Y.J., (2005), "Thermodynamic parameters of disperse Dyeing on several polyester fibers having different molecular structures", Dyes and Pigments, 67, 229-234.
9. Zheng, J. Liu X. and Brady P. R., (2008), "One-bath union dyeing of woolpolytrimethylene terephthalate Blends", Coloration Technology, 124, 204–210,
10. Kim J.H., Lee J.J., Yoon J.Y., Lyoo W.S., Kotek R., (2001), "Alkaline Depolymerization of Poly (trimethylene terephthalate)", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 82, 99–107.
11. Shukla S. R., Mathur M. R., (2000), "Action of Alkali on Polybutylene Terephthalate and Polyethylene Terephthalate Polyesters", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 75, 1097–1102.
12. Eberl A., Heumann S., Kotek R., Kaufmann F., Mitsche S., Cavaco-Paulo A., Gubitz G.M., (2008), "Enzymatic hydrolysis of PTT polymers and oligomers", Journal of Biotechnology 135, 45–51.
13. Deopuno B.L, Alogirusamy R, Joshi M. and Gupto B., (2008), "Polyester and Polyamids", CRC Press; 1 edition, Gulrajani M. L., "10. Advances in coloration of polyester textiles".
14. Yang Y, Brown H, Li S, (2002), "Some Sorption Characteristics of Poly(trimethylene terephthalate) with Disperse Dyes", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 86, 223–229.
15. Jang J, Jeong Y, (2006) "Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O<sub>3</sub> irradiation", Dyes and Pigments 69, 137-143.
16. Houck M. M., Menold R. E. II, Huff R. A., (2001), "PTT new Type of Polyester Fibre", Problems of Forensic Sciences, vol. XLVI, 217-221, FBI Laboratory, Washington, USA.
17. Wang L, Zhao H.F. and Lin J.X., (2010), "Studies on the ultrasonic-assisted dyeing of poly (trimethylene terephthalate) fabric", Coloration Technology, 126, 243–248.
18. Vo L. T. T., Lewis D. M., Choi J. H., and Shim J. J., (2008), "Novel Dyeing Methods for Dyeing Cotton and Polyester", Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 14, No. 1, 702-705.
19. Zou H., Wang L., Yi C., Liu H., Xu W., (2010), "Thermal, Rheological, Mechanical, and Dyeing Property Studies of Poly(ethylene-co-trimethylene terephthalate) Copolymer Filaments", Polym. Eng. Sci., 50:1689–1695.
20. Zou H., Yi C., Wang L., Xu W., (2009), "Mechanical and dyeability studies of poly (trimethylene-co-butylene terephthalate) copolymer filaments", Materials Letters 63, 1580–1582.
21. Wang L. J. and Hu Z. H., (2009), "Synthesis and Application of a Basic Copolyamide as an Acid-dyeable PTT Fiber Additive", Textile Research Journal, 79(12): 1135-1141.