



**T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇİ BOŞ (HOLLOW) PET LİFLERİNİN BOYANMA ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**ÖMER TOPAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2006**

**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇİ BOŞ (HOLLOW) PET LİFLERİNİN BOYANMA ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**ÖMER TOPAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 05/04/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

**Doç. Dr. Mehmet KANIK      Doç. Dr. Cevdet DEMİR      Yrd. Doç. Dr. Dilek KUT**  
**Danışman**

## **ÖZET**

Bu çalışmada, standart ve içi boş kesit yapısına sahip polyester (PET) liflerinin boyanma özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla, standart ve içi boş polyester liflerinden çorap numuneleri örülmüş ve küçük, orta ve büyük moleküllü dispers boyarmaddelerle iki farklı konsantrasyonda boyanmıştır. Boyama işlemi süresince altı farklı boyama adımında kumaş ve çözelti numuneleri alınmıştır. Standart ve içi boş liflerin boyanma davranışları arasındaki farklılığı tespit edebilmek amacıyla alınan kumaş ve çözelti numunelerinin renk değerleri ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlar yardımıyla standart ve içi boş polyester liflerinin farklı molekül büyüklüğüne sahip dispers boyarmaddelerle farklı konsantrasyonlarda gösterdikleri boyanma davranışları karşılaştırılmıştır.

## **ANAHTAR KELİMELER**

İçi boş lif, Renk kuvveti, Dispers boyarmadde, Polyester.

**ABSTRACT**

In this study, dyeing properties of standart and hollow polyester (PET) fibres have been investigated and compared.

For this purpose, sock samples were knitted using standart and hollow polyester fibres, and they were dyed with low, medium and hight molecular weight disperse dyes at two different concentrations. In order to determine dyeing rates on both of two fibres, the fabric and the liquor samples were taken at six steps during whole dyeing procedure. Colour values of the fabric and the liquor samples were measured to determine the difference between dyeing behavior of standart and hollow fibres.

It compared that the difference between the dyeing rates of disperse dyes which have different molecular sizes on standart and hollow fibres, and also their dyeing capabilitiy properties.

**KEY WORDS**

Hollow fibre, Colour strength, Disperse dye, Polyester

**İÇİNDEKİLER****SAYFA NO**

1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Polyester Lifleri ve Özellikleri	2
2.1.1. PET Polyester Lifleri	2
2.1.2. PET Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri	5
2.1.3. PET Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri	6
2.2. Dispers Boyarmaddeler	7
2.2.1. Dispers Boyarmaddelerin Fiziksel Özellikleri	7
2.2.2. Dispers Boyarmaddelerin Düzgün Alınmasına Etki Eden Faktörler	8
2.2.2.1. Boyarmadde Çözünürlüğü	8
2.2.2.2. Adsorbsiyon Hızı	8
2.2.2.3. Difüzyon Hızı	9
2.2.3. Dispers Boyarmaddelerin Yapılarına Göre Sınıflandırılması	11
2.2.3.1. Azo Boyarmaddeleri	11
2.2.3.2. Antrakinon Boyarmaddeleri	12
2.2.3.3. Nitrodifenilamin Boyarmaddeleri	12
2.2.3.4. Benzodisülforanon Boyarmaddeleri	12
2.2.3.5. Diester Grup İçeren Dispers Boyarmaddeler	13
2.2.3.6. Tiyofen Esaslı Dispers Boyarmaddeler	13
2.3. Polyester Mamullerin Boyanması	13
2.3.1. Polyester Lif Özelliklerinin Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisi	14
2.3.1.1. Isı ve Gerilimin Etkisi	15
2.3.1.2. Lif Yağlayıcılarının ve Leke Gidericilerin Etkisi	15
2.3.1.3. Liflerin Yapısının Etkisi	15
2.3.2. Polyester Liflerinin HT (Yüksek Sıcaklık) Yöntemine Göre Boyanması	15
2.3.3. Polyester Liflerinin Keriye (Taşıyıcı) Yöntemine Göre Boyanması	17
2.3.4. Polyester Liflerinin Termosol Yöntemine Göre Boyanması	17
2.3.5. Redüktif (İndirgen) Yıkama	18
2.4. İçi Boş Lifler	20
2.4.1. Giriş	20
2.4.2. İçi Boş Liflerin Üretim Yöntemleri	21
2.4.2.1. İçi Boş Kanallı Yapının İlk Oluşum Yöntemi	23
2.4.2.2. İçi Boş Kanallı Yapının İkinci Oluşum Yöntemi	23
2.4.2.3. İçi Boş Kanallı Yapının Üçüncü Oluşum Yöntemi	24
2.4.3. Yapılan Yenilikler	25
2.4.4. İçi Boş Liflerin Özellikleri ve Kullanım Alanları	26

2.4.5. Farklı Polimerlerden Elde Edilen İçi Boş Lifler	2
2.4.5.1. Hafif Kumaşlar İçin Geliştirilen PET Esaslı İçi Boş Lifler	28
2.4.5.2. İçi Boş Kanallı Peek Lifleri	29
2.4.5.3. Konfeksiyon Sanayi İçin İçi Boş PA Lifleri	30
2.4.5.4. İçi Boş Kanallı Yapıda PP Lifleri ve Halı Sektöründeki Uygulamaları	30
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b>	<b>33</b>
3.1. Materyal	33
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Liflerin Üretimi ve Özellikleri	33
3.1.2. Kullanılan Dispers Boyarmaddeler	34
3.1.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler	35
3.1.3.1. Boyamada Kullanılan Kimyasal Maddeler	35
3.1.3.2. İndirgen Yıkamada Kullanılan Kimyasal Maddeler	35
3.1.4. Kullanılan Aletler ve Cihazlar	35
3.1.4.1. Mettler PM480 Hassas Terazı	35
3.1.4.2. DyeTech Numune Boyama Makinası	35
3.1.4.3. Datacolor SF600X Reflektans Spektrofotometresi	36
3.1.4.4. Agilent 8453 UV-visible Transmittans Spektrofotometresi	36
3.1.4.5. Cyberscan PH-LON 510 pH Metre	36
3.1.4.6. Projectina Cihazı	36
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Boyama Yöntemi	36
3.2.2. Renk Ölçüm Yöntemleri	38
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI</b>	<b>39</b>
4.1. Standart ve İçi Boş Liflerin Boya Çekim Hızlarının Karşılaştırılması	39
4.2. Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Kuvvetlerinin (K/S) Karşılaştırılması	46
4.3. Boyarmaddelerin Standart ve İçi Boş Liflerin İçine İşleme Durumunun Karşılaştırılması	53
4.4. Tekstüre işleminin Standart ve İçi Boş Liflerin Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması	58
4.5. Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Değerlerinin Karşılaştırılması	70
4.6. Standart ve İçi boş Liflerin Yıkama Haslıklarının Karşılaştırılması	73
4.7. Boyarmadde Konsantrasyonunun Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Kuvveti (K/S) Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması	77
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>88</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>92</b>
<b>EKLER</b>	<b>94</b>

TEŞEKKÜR

ÖZGEÇMİŞ

### **SİMGELER DİZİNİ**

- a** : CIELAB renk uzayında kırmızı-yeşil eksen  
**b** : CIELAB renk uzayında sarı-mavi eksen  
**C** : Kroma (Doygunluk)  
**CI** : Colour Index  
**h** : Renk açısı  
**DL** : Rengin açıklık-koyuluk boyutundaki fark  
**Da** : Rengin kırmızılık-mavilik boyutundaki fark  
**DE** : Toplam renk farkı  
**K/S** : Kubelka-Munk fonksiyonu (renk kuvveti)  
**L** : CIELAB renk uzayında açıklık-koyuluk eksen

### **KISALTMALAR**

- FDY** : Tam çekimli iplik  
**IWS** : Uluslararası Yün Sekreteryası  
**K-21** : PET deniz ve Exceval ada olarak özel bileşim oranlarıyla konjuge edilmiş lif  
**PA** : Poliamid  
**PES** : Polyester  
**PET** : Polietilen tereftalat  
**PBT** : Polibütilen tereftalat  
**POY** : Yarı oryante iplik  
**PP** : Polipropilen  
**PVA** : Polivinilalkol

**SEKİLLER DİZİNİ**

	<b><u>SAYFA NO</u></b>
<b>Şekil 2.1.</b> Poliesterin eldesi	2
<b>Şekil 2.2.</b> PET poliester lifinin birinci elde edilme yöntemi	3
<b>Şekil 2.3.</b> Poliester lifinin ikinci elde edilme yöntemi	4
<b>Şekil 2.4.</b> Dispers boyarmaddelerin sınıflandırılması	10
<b>Şekil 2.5.</b> Çoğu monoazo dispers boyarmaddenin yapısal iskeleti	11
<b>Şekil 2.6.</b> Çoğu antrakinon dispers boyarmaddenin yapısal iskeleti	12
<b>Şekil 2.7.</b> HT boyama diyagramı örneği	16
<b>Şekil 2.8.</b> Düze tipleri	22
<b>Şekil 3.1.</b> Boyamalarda kullanılan sıcaklık-süre diyagramı	37
<b>Şekil 4.1.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	39
<b>Şekil 4.2.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	40
<b>Şekil 4.3.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	41
<b>Şekil 4.4.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	42
<b>Şekil 4.5.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	43
<b>Şekil 4.6.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	44
<b>Şekil 4.7.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	46
<b>Şekil 4.8.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	47
<b>Şekil 4.9.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	48
<b>Şekil 4.10.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	49
<b>Şekil 4.11.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	50



<b>Şekil 4.12.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu ; %2)	51
<b>Şekil 4.13.</b> Küçük moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli	54
<b>Şekil 4.14.</b> Küçük moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli	54
<b>Şekil 4.15.</b> Orta moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli	55
<b>Şekil 4.16.</b> Orta moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli	55
<b>Şekil 4.17.</b> Büyük moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli	56
<b>Şekil 4.18.</b> Büyük moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli	56
<b>Şekil 4.19.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu %1)	58
<b>Şekil 4.20.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	59
<b>Şekil 4.21.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	60
<b>Şekil 4.22.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	61
<b>Şekil 4.23.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	62
<b>Şekil 4.24.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	63
<b>Şekil 4.25.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	64
<b>Şekil 4.26.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	65
<b>Şekil 4.27.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	66
<b>Şekil 4.28.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	67
<b>Şekil 4.29.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	68

<b>Şekil 4.30.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	69
<b>Şekil 4.31.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiği	73
<b>Şekil 4.32.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiği	74
<b>Şekil 4.33.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiği	75
<b>Şekil 4.34.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği	77
<b>Şekil 4.35.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği	78
<b>Şekil 4.36.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği	79
<b>Şekil 4.37.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği	81
<b>Şekil 4.38.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği	82
<b>Şekil 4.39.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği	83
<b>Şekil 4.40.</b> Standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği	84

**ÇİZELGELER DİZİNİ****SAYFA NO**

<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışmada kullanılan liflerin üretim parametreleri	33
<b>Çizelge 3.2.</b> Çalışmada kullanılan liflerin enine kesit özellikleri	33
<b>Çizelge 3.3.</b> Boyamada kullanılan kumaşların ve ipliklerin özellikleri	34
<b>Çizelge 3.4.</b> Deneyleerde kullanılan boyarmaddeler ve özellikleri	34
<b>Çizelge 4.1.1.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	39
<b>Çizelge 4.1.2.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	40
<b>Çizelge 4.1.3.</b> Orta molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	41
<b>Çizelge 4.1.4.</b> Orta molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	42
<b>Çizelge 4.1.5.</b> Büyük molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	43
<b>Çizelge 4.1.6.</b> Büyük molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	44
<b>Çizelge 4.2.1.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	46
<b>Çizelge 4.2.2.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	47
<b>Çizelge 4.2.3.</b> Orta molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	48
<b>Çizelge 4.2.4.</b> Orta molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	49
<b>Çizelge 4.2.5.</b> Büyük molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	50
<b>Çizelge 4.2.6.</b> Büyük molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	51
<b>Çizelge 4.4.1.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	58
<b>Çizelge 4.4.2.</b> Küçük molekülü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	59

<b>Çizelge 4.4.3.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	60
<b>Çizelge 4.4.4.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	61
<b>Çizelge 4.4.5.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	62
<b>Çizelge 4.4.6.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	63
<b>Çizelge 4.4.7.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	64
<b>Çizelge 4.4.8.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	65
<b>Çizelge 4.4.9.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	66
<b>Çizelge 4.4.10.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)	67
<b>Çizelge 4.4.11.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbands değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	68
<b>Çizelge 4.4.12.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)	69
<b>Çizelge 4.5.1.</b> Beyaz kumaş ve kartela yüzeyinden yapılan renk ölçüm sonuçları	70
<b>Çizelge 4.5.2.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 56)	71
<b>Çizelge 4.5.3.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 73)	71
<b>Çizelge 4.5.4.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 79)	71
<b>Çizelge 4.6.1.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri	73
<b>Çizelge 4.6.2.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri	74
<b>Çizelge 4.6.3.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri	75
<b>Çizelge 4.7.1.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri	77

<b>Çizelge 4.7.2.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri	78
<b>Çizelge 4.7.3.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri	79
<b>Çizelge 4.7.4.</b> Küçük moleküllü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri	85
<b>Çizelge 4.7.5.</b> Orta moleküllü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri	85
<b>Çizelge 4.7.6.</b> Büyük moleküllü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri	86

## 1. GİRİŞ

İnsanların refah ve kültür seviyeleri yükseldikçe; daha iyi, daha konforlu yaşama isteklerine bağlı olarak daha iyi, daha kaliteli ve daha çeşitli giyinme istekleri de hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak dünyada kişi başına tüketilen lif miktarı da hızla artmaktadır. Dünya nüfusunun hızlı artması da lif tüketiminin daha da yükselmesine neden olmuştur. Geleneksel liflerin insanların ihtiyaçlarını yeterince karşılamaması nedeniyle yüksek performanslı liflere ihtiyaç duyulmuş ve araştırmalar bu alanda yoğunlaşmıştır.

Dünya genelinde PET, hem plastik hem de lif sektöründe kullanılan en önemli malzemedir. PBT (polibütilen tereftalat) ve PTT (politrimetilen tereftalat) gibi başka polyester lifler de üretilmektedir. Ancak PET hala bu kimyasal sınıfın en önemli lifidir. PET lifi dayanıklılık, sürtünme dayanımı ve tokluk dahil olmak üzere mükemmel özellikler bileşimine sahip olması yanında elastikiyeti, kumaşın geri dönme kapasitesinde çarpıcı bir performans sağlaması gibi özelliklerinden dolayı sentetik lif sınıfının en önemli lifidir.

İçi boş kanallı liflerin, organik veya inorganik çözeltilerden, ya da çeşitli polimerlerin eriyiklerinden, yaş veya kuru lif çekim yöntemleriyle çeşitli alanlarda kullanılmak üzere üretimi yıllardan beri yapılmaktadır. Son yıllarda da gözenekli yapıdaki içi boş kanallı lifler tıbbi ve teknik tekstillerin üretiminde kullanılmaya başlanmıştır.

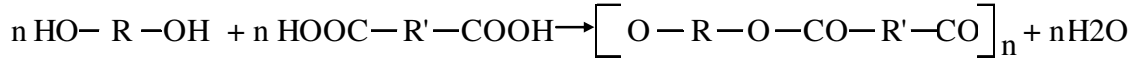
Özel geometrik yapıya sahip içi boş kanallı lifler, yıllardan beri ısı izolasyonu amacıyla tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır. Dolgu lifleri, yüzey/hacim oranı olarak fazla miktarda hava içeren düşük polimer kütlelerine sahip liflerdir. İçi boş kanallı lif duvarlarının gözenekli yapılması sayesinde, membran olarak teknik ve tıbbi alanlarda kullanımı mümkün olmuştur. İplik üretmeye uygun tüm polimerlerden yaş veya kuru lif çekim teknolojisi ile içi boş kanallı lif üretim yöntemi mümkündür. Bu özel üretimin gerçekleşmesi modifiye edilmiş özel düzeler ile sağlanmaktadır (Seventekin ve ark. 2001).

İçi boş PET lifleri aslında çok yeni lifler olmamasına rağmen, yapılan kaynak araştırmaları bunların boyanma özellikleri hakkında literatürde yeterli bilgi ve araştırmanın olmadığını göstermiştir. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile içi boş liflerin boyanma özelliklerinin standart liflerle kıyaslanarak bu alanda literatürdeki boşluğun doldurulmasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Polyester Lifleri ve Özellikleri

Polyester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile bir dikarboksillik asidin kondenzasyon ürünü olan uzun zincirli polimerlere verilen addır.



**Şekil 2.1.** Polyesterin eldesi (Başer 2002).

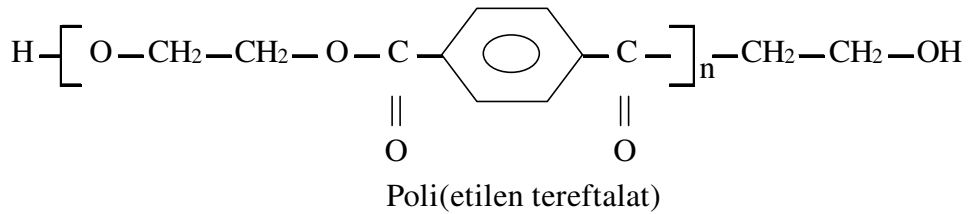
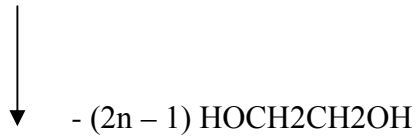
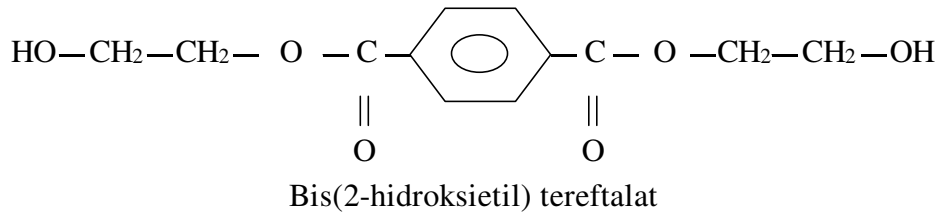
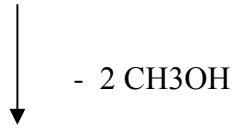
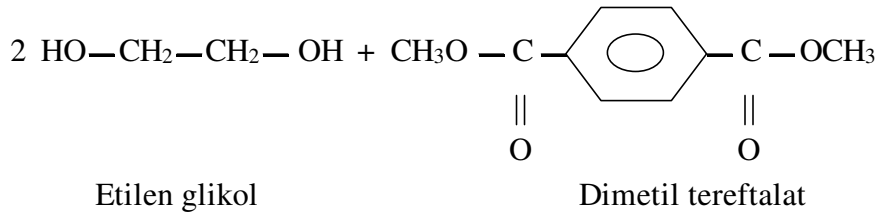
Zincirdeki R ve R' alifatik yapıda ise, polimerin erime noktası çok düşüktür. Bu yüzden tekstilde kullanılmaz. Tekstilde kullanılabilen polimerin elde edilebilmesi için aromatik yapıda bileşenler seçilir. Bu bileşenlere göre farklı yapıda polyesterler elde edilir (Başer 2002).

#### 2.1.1. PET Polyester Lifleri

Kimyasal adı Polietilen-tereftalat olan PET polyesteri, Whinfield ve Dickson tarafından keşfedilmiş olup, ilk defa 1941 yılında ticari ölçüde üretilmiştir. Bugün için dünyada üretilen polyester lifinin çok büyük kısmı ve ülkemizde üretilen polyester liflerinin tamamı polietilen tereftalat (PET) esaslıdır. Tereftalik asit veya bunun dimetil esteri ve etilen glikol denilen iki maddenin polikondenzasyonu ile elde edilir (Başer 2002).

Başlangıç maddelerindeki farka göre iki yöntem uygulanır:

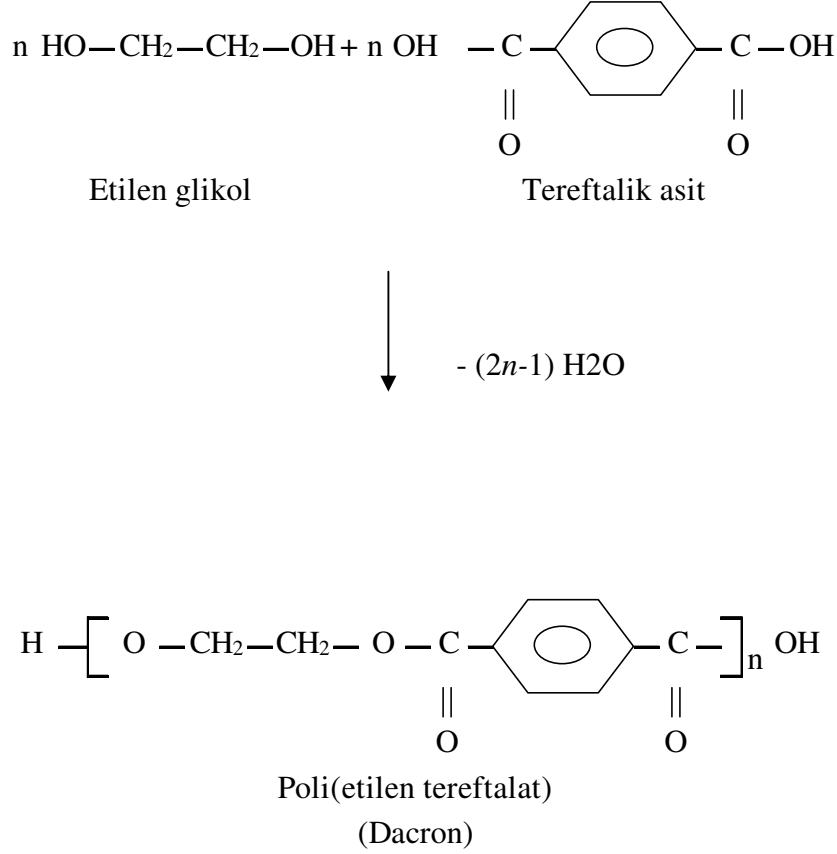
1- PET polyesterinin ilk elde edilme yöntemi bu reaksiyondur. Başlangıç maddesi olarak etilen glikol ve dimetil tereftalat alınır. Bu iki bileşen arasında önce 200 °C civarında katalizör etkisi ile bir ester değişimi, ikinci aşamada ise daha yüksek sıcaklıklarda ve katalizör yardımıyla kondensasyon meydana gelir. Bu yöntemde kondensasyon artığı olarak metil alkol ayrılır (Başer 2002).



**Şekil 2.2.** PET Polyester lifinin birinci elde edilme yöntemi (Saçak 2002).



2- PET polyesteri tereftalik asit dimetil esteri yerine doğrudan tereftalik asit kullanılarak da sentez olabilir (Başer 2002).



**Şekil 2.3.** Polyester lifinin ikinci elde edilme yöntemi (Saçak 2002).

İkinci sentez yönteminde, kullanılan bileşenlerin çok saf olması gerekir. Aksi halde polimerleşme istenilen yönde ilerlemez. Bu nedenle gerek etilen glikol, gerekse tereftalik asit çok saf olmalıdır. Etilen glikolün kolayca saflaştırılması mümkünse de tereftalik asit zor saflaştırılır. Bu nedenle günümüzde pek çok ülkede birinci yöntem uygulanmaktadır. Ancak saflaştırma yöntemleri üzerine yapılan çalışmalarla bu işlemler kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır.

Esterleşme reaksiyonlarında ayrılan su ile metil alkol, reaksiyonunun yapıldığı 270 °C destillenerek uzaklaştırılır. Bunlardan metil alkol yeniden teraftalik asit dimetil ester yapımında kullanılır.

Polimerleşme kazanından soğutularak alınan polyester, küçük parçalara kesilerek (cips) üretilir. Polimerlerin erime noktası olan 260 °C'de eritilerek yumuşak-eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. İşlem sırasında polimerlerin hava ile teması azot gazı kullanılarak önlenir. Aksi halde polimerde oksijenle etkilenme sonucunda bozulma görülür. Elde edilen filamentlere sıcakta %500 kadar bir germe-çekme işlemi uygulanır. Sıcakta yapılan germe-çekme işleminde soğukta uygulanana nazaran daha dayanıklı filamentler elde edilir. Germe-çekme uygulanmamış polyester liflerinde kristalin bölge %0 iken, gerilmiş liflerde bu değer, en az %55 e çıkar. Germe-çekme işleminin uygulanması sırasında karbonil grupları ile metilen gruplarının hidrojen atomları karşılıklı geldikleri takdirde aralarında H-köprüleri oluşur. Böylece polimer zincirleri van der Wals kuvvetleri yanında H- köprüleri ile de bir arada tutularak kristalin alanlar meydana gelir. PET polyesterinde kristalinite oranı %65-85 arasındadır (Başer 2002).

### **2.1.2. PET Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri**

PET polyester liflerinin yoğunluğu 1,36-1,45 g/cm<sup>3</sup> tür. Bu değer polimerdeki kristalin bölge oranları ile değişir. Kristalin bölge oranı fazla olan liflerde yüksek, az olan liflerde ise daha düşüktür. Termoplastik polimerlerdir ve sıcakta mukavemet özellikleri değişir. Erime noktası 252-256 °C' dir. Filamentlerin mukavemeti 4-7 g/denye; kesikli lifleri ise 4-5 g/denyedir. Kristalin bölge oranının yüksekliği ve apolar yapısından dolayı nem çekme özelliği azdır. Su molekülleri ancak bir moleküler film tabakası şeklinde lif yüzeyine tutunabilir. Oda sıcaklığında ve standart koşullarda en fazla %0,4 nem absorblar. Tamamıyla hidrofobik karakterde olması nedeniyle ıslandığında dayanıklılığında bir azalma görülmez. Ütüleme sıcaklığı 135 –140 °C olmalıdır. Aşınma direnci naylon hariç, diğer yapay ve doğal liflere göre daha fazladır. Tutuşması zordur. Alev uzaklaştığında yanmaya devam etmez.

Mikroskop altında incelendiğinde kesiti şeffaf cam boru şeklindedir. Güneş, hava koşulları ve bakterilere karşı afiniteleri çok fazladır ve elektrostatik yüklerini biriktirmeye

yatkındırlar. 200 °C civarında yumuşama gösterir. Termofiksaj sıcaklığı 180-200 °C' dir. Sert bir tuşesi vardır. Bükülme ve kıvrılmaya karşı direnç gösterir. Bu nedenle buruşmaya karşı dayanıklıdır (Başer 2002).

### **2.1.3. PET Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri**

Polietilen tereftalat, makro molekülleri yüksek bir simetri düzeyine sahip oldukları için trans-trans konformasyonunda bulunmayı tercih etmektedirler. Trans-trans konformasyonunda, karbonil gruplarını oluşturduğu dipoller zıt yönde uzanmış olduklarından, birbirlerini doyurmakta ve böylece daha düşük enerji düzeyi, daha stabil bir molekül yapısı ve daha yüksek bir erime noktası sonuçlarını doğurmaktadır. polyester liflerinde kristalin bölgelerde yalnızca trans-trans konformasyonu mevcut iken, amorf bölgelerde diğer konformasyon imkanlarının da olduğu kabul edilmektedir (Tarakçıoğlu 1986).

Polyester liflerinde mukavemeti arttırmak için yapılan germe-çekme işlemi kristalinite ile birlikte kimyasal reaktiflere ilgisizlikte artar. Bu nedenle polyester lifleri soğukta ve sıcakta zayıf asit çözeltilerine dayanıklıdır. Derişik organik asitlerde de oda sıcaklığında etkilenmez. Bu özelliğinden polyester liflerinin selülozik liflerden farklılaştırılmasında yararlanır (Başer 2002).

Bu nedenle sabun ve deterjanlara karşı dayanıklıdır. Fakat makro molekül zincirde içerdikleri ester bağları nedeniyle kuvvetli bazlara karşı dayanıksızdır. Özellikle sodyum hidroksit (NaOH) gibi kuvvetli anorganik bazların etkisinin lif yüzeyinden başladığı ve yüzeydeki makromoleküller sabunlaşarak parçalandıkça, bazın etkisinin içeriye doğru ilerlediği araştırmalarda gözlemlenmiştir. Bu durum lifte önemli oranda ağırlık kaybına yol açarken kopma dayanımında çok fazla düşme yaratmaktadır. Baz etkisiyle kopma dayanımındaki azalma daha çok stapel liften yapılan polyester ipliklerinde gözlenmektedir. Çünkü bunlarda liflerin birbirlerine tutunmaları azalmaktadır.

Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı son derece iyi dayanım göstermektedir. Sodyumhipoklorit, sodyumklorit, hidrojenperoksit gibi yükseltgen maddeler ve sodyumhidrojensülfid (bisülfid), sodyumditiyonit (hidrosülfid) gibi indirgen maddelerle ağır koşullar altında yapılan deneyler sonunda bile, liflerin dayanımında hiç veya çok az bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

PET polyesteri güneş ışığına karşı dayanıklıdır. UV ışınlarından bir miktar etkilenir. Yakıldığında erir ve isli bir alev çıkarır. Geriye sarı-kahverengi bir boncuk kalır. Dumanları karakteristik, aromatik, tatlımsı kokudadır.

Filament, stapel ve tow şeklinde üretilen PET liflerinin çözündürülmesinde fenol kullanılır. Kimyasal reaktiflerden etkilenmeyen yapısı, boyama işleminde de kendini gösterir. Polyester lifleri boyarmaddelerle kimyasal reaksiyona giremez. Boyama, dispersiyon boyarmaddeleri denilen ve suda çok az çözünürlüğü olan boyarmaddelerle yapılır. Liflerin boyanması, kimyasal bağlanma şeklinde değil, boyarmaddenin lifler içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir (Başer 2002).

## **2.2. Dispers Boyarmaddeler**

Selüloz asetat liflerinin boyanması için geliştirilen dispers boyarmaddelerin daha sonra polyester liflerini çok iyi boyadığı görülmüş ve en büyük kullanımları bu liflerde olmuştur. Dispers boyarmaddeler polyester liflerinin yanı sıra asetat, triasetat, naylon, akrilik ve diğer sentetik termoplastik liflerin boyanmasına olanak tanır. Dispers boyarmaddeler çok küçük partiküllü boyarmaddelerdir ve genellikle azo ve antraknon grup içerirler. Özel bir sınıf olan reaktif dispers boyarmaddeleri naylon ve asetat gibi liflerin içine difüze olduktan sonra reaksiyona girmeleri için üretilmiştir. Dispers boyarmaddelerin yıkama ve ışık haslıkları genellikle iyidir. Çoğu dispers boyarmaddeler yüksek sıcaklık ve buhar basıncı ile, liflerin üzerine süblimasyonla difüzyona uğrayarak alınırlar. (Davis 1996).

### **2.2.1. Dispers Boyarmaddelerin Fiziksel Özellikleri**

Saf haldeki dispers boyarmaddeler, ısıtıldıklarında (150-200 °C) eriyen, bozulmaya uğramadan süblime olabilen farklı molekül ağırlıklı kristal haldeki katı maddelerdir.

Sudaki çözünürlükleri, 80 °C'de 0,2 mg/L'den 100 mg/l'ye kadar değişmektedir. Çözünürlük, sıcaklık ile logaritmik olarak arttığından, 130 °C deki boya çözeltisinde boyarmaddenin tamamı çözülmüş halde bulunmaktadır. Çözelti içerisinde dispers boyarmaddeler moleküler olarak disperslenmektedir.

Dispers boyarmaddelerin, çok ince partikülleri içeren sulu dispersiyonları şeklinde uygulanmalarından dolayı, partikül boyutu ve dispersiyon stabilitesi oldukça önemlidir. İdeal olarak ticari bir dispers boyarmaddenin suya eklendiğinde oldukça hızlı, çok ince üniform partikül boyutuna sahip kararlı bir dispersiyon verecek şekilde disperslenmesi gerekmektedir (Öner 1999).

Dispers boyarmaddelerin partikül büyüklüğü azaldıkça (molekül ağırlığı 250-300), boya alımı ve parçacıkların toplam yüzey alanı artar, boyarmaddeler daha çabuk çözünür ve boyama hızı artar. Molekül boyutu büyüdükçe, boyarmaddelerin boyama kabiliyeti zorlaşır, düşük boyama hızları ve zayıf migrasyon özellikleri verirler (Becerir 2000).

Dispers boyarmaddeler genellikle “toz” ve “sıvı” formlarda pazarlanmaktadır. Toz formunda pazarlanan boyarmaddeler, içlerinde önemli ölçüde dispersleme maddesi içerirler. Sıvı formda pazarlanan boyarmaddeler, konsantre haldedir ve sulu dispersiyonlardır (Öner 1999).

## **2.2.2. Dispers Boyarmaddelerin Düzgün Alınmasına Etki Eden Faktörler**

### **2.2.2.1. Boyarmadde Çözünürlüğü**

Dispers boyarmaddelerin çözünürlüğü polyester liflerinin boyanmasında çok önemlidir. Bu boyarmaddelerin çözünürlüğü çok düşüktür. Boyama çözeltisi içinde lifi boyayan çözünmüş haldeki boyarmadde molekülleridir ve çözelti içindeki dispersiyon haldeki boyarmadde molekülleri ile boyama basamağında dinamik dengededir (Becerir 2000).

### **2.2.2.2. Adsorbsiyon Hızı**

Dispers boyarmaddelerin adsorbsiyonu için çözelti içinde boyarmaddelerin dağılımı (paylaşım katsayısı) dikkate alınır. Uygun boyama sıcaklıklarında lif içindeki boyarmadde konsantrasyonu ile çözelti içindeki boyarmadde konsantrasyonu arasında denge durumunda bir lineer ilişki vardır. Bu ilişki dağılım (paylaşım) katsayısı ile ifade edilir.

Dağılım katsayısı: 1. Boyarmaddenin kimyasal yapısına 2. Lifin (Kumaşın) gördüğü işlemlere 3. Boyama banyosu bileşimine 4. Boyama banyosu sıcaklığına bağlıdır. Dağılım

katsayısı (K) = Lifteki boyarmadde konsantrasyonu / Boya banyosundaki boyarmadde konsantrasyonudur.

Dağılım katsayısı büyüdükçe afinite yükselir ve adsorbsiyon hızı artar. Bu eşitlik yaklaşık bir lineer dağılım gösterir ve lifteki boyarmadde konsantrasyonu sabitlenir (Becerir 2000).

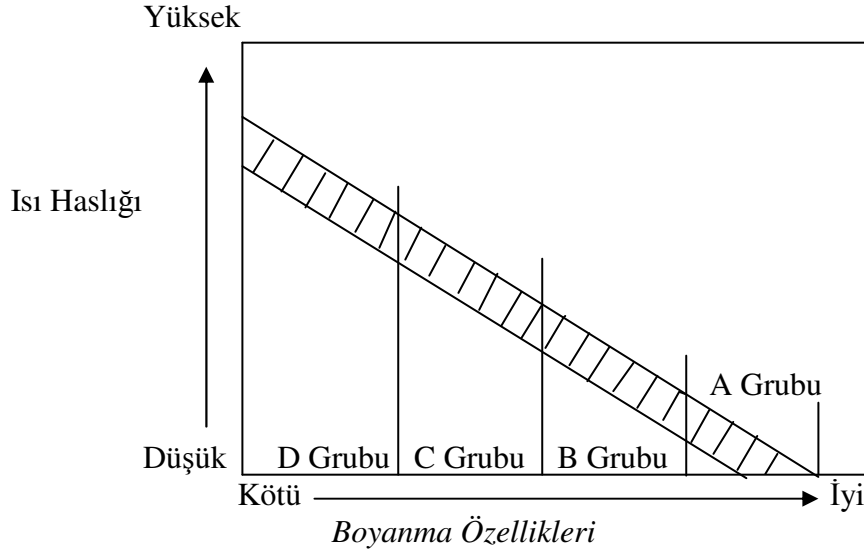
### 2.2.2.3. Difüzyon Hızı

Difüzyon polyester makro molekül zincirlerinin hareketlenerek iç yapının açılması sonucunda oluşan boşluklara boyarmadde moleküllerinin girmesidir. Difüzyon hızı boyarmaddenin molekül büyüklüğü ve geometrik yapısıyla, boyarmadde molekülü ile lifler arasındaki inter moleküler (moleküller arası) kuvvetler ve etkileşimlerle ilgilidir.

Dispers boyarmaddeler pH'a karşı hassastır. Alkali koşullar altında hidroliz olduklarından boyamalar asidik ortamda yapılmalı ve ortamın asitliği boyama boyunca sabit kalmalıdır. Günümüzde alkali ortama dayanıklı olup, polyesteri alkali ortamda boyayan yeni tip dispers boyarmaddeler de piyasada mevcuttur.

Dispers boyarmaddelerin çözelti içinde çok iyi dağılması gerekir. Bu yüzden dispersiyon ajanları kullanılır. Bu ajanlar boyarmadde molekülünü çevreleyerek agregasyona ve çökelmeye engel olurlar. Dispers boyarmaddelerde dispersiyon ajanları içerecek şekilde üretilmelerine rağmen içerdikleri miktarlar banyo içerisinde dispersiyonu tek başına sağlayacak yeterlilikte değildir.

Dispers boyarmaddelerin sınıflandırılması boyarmaddelerin boyama hızlarına ve süblimasyon dayanımlarına bağlı olarak yapılır. Temel olarak dispers boyarmaddeler A-D arasında (ABD'de LMH) dört guruba ayrılmışlardır. A dan D sınıfına doğru gidildikçe polyester liflerini boyama hızı düşerken süblimasyon haslıkları da artmaktadır (Becerir 2000).



**Şekil 2.4.** Dispers boyarmaddelerin sınıflandırılması (Becerir 2000).

Bu sınıflandırmanın pratik önemi aşağıdaki gibidir;

A Sınıfı: Sekonder asetat, triasetat için uygun, bazı polyester lifleri için uygun, fakat ısı işlemlere karşı haslığı düşüktür.

B Sınıfı: Polyester lifler için mükemmel boyama özelliği, tekstürize polyester lifleri için uygundur ve bu sınıftan bazı boyarmaddeler, asetat, triasetat ve naylon için de kullanılabilir.

C Sınıfı: Polyester liflerinin boyanması için uygundur. B sınıfındaki boyarmaddelerden daha iyi ısı haslığına sahip boyamalar verirler; taşıyıcı (keriyer) ile boyama, sulu çözeltilerden kesikli yöntemle yüksek sıcaklıkta HT boyama ve maksimum süblimasyon haslığının gerektiği termosol metotlarındaki uygulamalar için uygundurlar. Bu sınıftaki boyarmaddelerin tümü asetat ve triasetat için kullanılabilir.

D Sınıfı: Özellikle maksimum ısı haslığın istendiği polyester lifleri için düşünölmelidir. Taşıyıcı (keriyer) yöntemiyle boyama için uygun değillerdir. Bu sınıftaki boyarmaddeler, kesikli yöntemle HT metotları veya termosol metotları ile uygulanmalıdır. Bu boyarmaddelerden bazıları yüksek yaş haslığına sahip naylon boyamaları eldesi için kullanılabilir (Öner 1999).

Dispers boyarmaddelerin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır (Becerir 2000) :

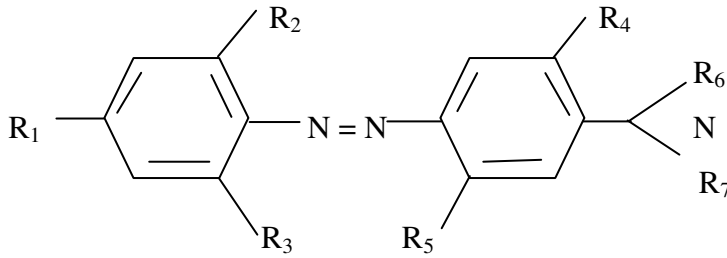
1. Çekim kritik aralığına göre gruplandırma
2. Difüzyon sayısı
3. Düzgünlük kabiliyeti
4. Egalize ajanlara karşı olan hassasiyeti
5. Dalgalanma efekti kapatma indeksi

### 2.2.3. Dispers Boyarmaddelerin Yapılarına Göre Sınıflandırılması

#### 2.2.3.1. Azo Boyarmaddeleri

Azo boyarmaddeleri yapılarında bulunan (-N=N-) grubu ile karakterize edilir. Özellikle sarı, turuncu ve kırmızı boyarmaddelerdir. Çok az sayıda mor ve mavi renkleri mevcuttur. Bu boyarmaddeler çok geniş ve önemli bir sınıftır. En önemli grup aşağıdaki genel formülden türetilmiş aminobenzen türevlerinden oluşmaktadır (Öner 1999).

Ticari olarak geliştirilen dispers boyarmaddelerin içinde en fazla çeşidi olan monoazo boyarmaddeleridir. Aşağıda çoğu monoazo dispers boyarmaddenin yapısal iskeleti görülmektedir (Becerir 2000).



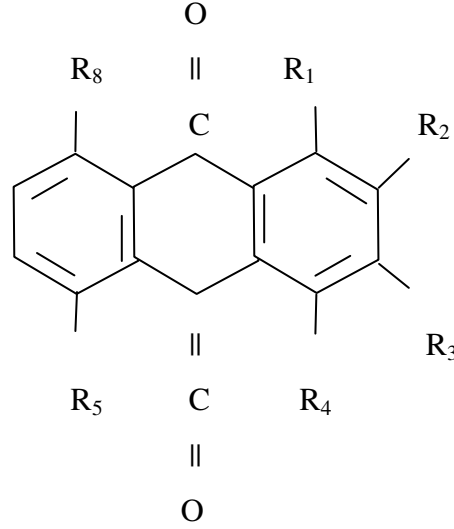
**Şekil 2.5.** Çoğu monoazo dispers boyarmaddenin yapısal iskeleti (Becerir 2000).

#### 2.2.3.2. Antrakininon Boyarmaddeleri



Bu sınıf boyarmaddeler genellikle mavimsi kırmızılar, morlar ve mavimsi yeşillerden oluşmaktadır ve oldukça büyüktür. Basit antrakinon boyarmaddeleri genellikle parlak renkler vermektedir. Hidrofobik liflere uygulanması aşamasında, boyama koşulları altında stabilizasyonu kaybetme gibi bir problem ortaya çıkarmazlar (Öner 1999).

Antrakinon boyarmaddelerin genellikle azo boyarmaddelere göre ekstinksiyon katsayısı daha düşüktür (Davis 1996).



**Şekil 2.6.** Çoğu antrakinon dispers boyarmaddenin yapısal iskeleti (Becerir 2000).

### 2.2.3.3. Nitrodifenilamin Boyarmaddeleri

Bu sınıf genellikle, sarı ve turuncu boyarmaddelerden oluşan nispeten küçük bir guruptur. Asetat ve polyester liflerinde iyi ışık haslığine sahip boyamaların elde edilebileceği ucuz boyarmaddelerdir. Süblimasyon haslıklarının iyileştirilmesi, polar gruplarının katılımı veya boyarmaddelerin molekül boyutunun artması ile sağlanabilir (Becerir 2000).

### 2.2.3.4. Benzodisülforanon Boyarmaddeleri

Son zamanlarda tanıtılan heteroçiklik kromoforunun türevleridir. Örneğin yüksek ekstinksiyon katsayısına sahip C.I Dispers Red 356. renk tonları sarı ile mavi arasında değişir (Becerir 2000).

### 2.2.3.5. Diester Grup İçeren Dispers Boyarmaddeler

1975 yılında I.C.I. firması tarafından kimyasal yapısı içine bir diester grup katılmasıyla elde edilen dispers boyarmaddeler, yeni geliştirilen dispers boyarmaddelerin temelini oluşturmaktadır. Bu boyarmaddeler polyesterin asit baskısına olanak vermekte ve kimyasal reaksiyon mekanizması ile polyester/selüloz harmanlarının hızlı boyama performansının artışında ileri atılan ilk adımı başlatmış olmaktadır.

Dispersol PC boyarmaddelerinde diester gurupların davranış biçimi, polyester/selüloz lif karışımlarının çektirme esasına göre boyanması ile karşılaştırılarak açıklanabilir. Diester gurup içeren boyarmaddeler, 125-130 °C boyama sıcaklığında ve hafif asidik (pH 4.5-5) ortamda çektirme yöntemine göre uygulanır. Klasik dispers boyarmaddelerde, boyarmaddenin lif üzerine çekimini, lif içine difüzyon izlemektedir (Becerir 2000).

#### **2.2.3.6. Tiyofen Esaslı Dispers Boyarmaddeler**

I.C.I. firması tarafından diester grubu içeren boyarmaddeler üzerine yapılan araştırmaların genişletilmesi ile, 1977'de tiyofen esaslı boyarmaddeler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu boyarmaddeler, Dispersol PC boyaların bağ yapısı üzerinde çalışılarak yapıdaki diester gurup yerine tiyofen yapısının sokulmasıyla elde edilmiştir. Bu bağlar alkali işlem sırasında koparak renksiz veya hafif renkli bozulma ürünleri oluşmaktadır.

Alkali yıkama ile yapısında diester yada tiyofen gurubu içeren dispers boyarmaddelerin avantajı I.C.I. tarafından geliştirilen (new select) proseslerde olduğu gibi polyester/selüloz harmanlarının çektirme yöntemleriyle boyanmasında tek banyoda iki kademeli yüksek üretim sağlanmıştır (Becerir 2000).

### **2.3. Polyester Mamullerin Boyanması**

Polyester liflerinin boyanması, dispers boyarmadde içeren banyo ile gerçekleştirilir. İyi dispers olmuş boya partiküllerinin bir kısmı (partikül büyüklüğü  $10^{-3}$  mm.) boya banyosunda moleküler bir çözelti meydana getirir. Banyoda çözülmüş olan sadece bu kısım, polyester lifinin dış bölgesine penetre olur ve buradan da yavaş yavaş lifin içine doğru difüze eder. Disperse olmuş boya partiküllerinin diğer kısmı, lif yüzeyi tarafından

adsorbe edilir ve disperse olmuş durumda lifin üzerine çöker; buradan tek tek boya partikülleri doğrudan difüze olabirler (Aniş ve Yıldırım 2002).

Polyester liflerinden mamul materyallere uygulanan boyama öncesi ısıl ve mekanik işlemler (germe-çekme, tekstüre, ısı fiksesi vb.) liflerin iç yapılarını ve dolayısıyla da boyanabilirliklerini değiştirir. Isıl ve mekanik işlemler birlikte uygulandıklarında her ikisinin de ortak etkisi oluşur.

Polyester liflerinin boya alımı ancak liflerin camlaşma sıcaklığının üzerinde başlar. Bu sıcaklığın (yaklaşık 80 °C) üzerinde lif yapısı açılarak boyarmadde molekülleri lif içine doğru difüze olabilir. Banyodaki boya çözeltisinin oranı ve lifin içine difüze olması boya tipine, lif tipine, ortamda ki yabancı maddelere, boyama sıcaklığına ve boyama süresine bağlıdır.

Polyester liflerinin boyanmasında dikkate alınması gereken faktörler, lifin iç yüzey tabakasındaki ve lifin dışından içine doğru olan boya difüzyonudur. Lifin içindeki boya difüzyonu aslında sıcaklığın ve iç yüzey bölgesindeki boya difüzyonunun bir fonksiyonudur.<sup>1)</sup>

Yüksek boyama sıcaklığında polyester liflerin içindeki boyaların difüzyonu, normalde boyama oranını düzenleyen faktördür (Aniş ve Yıldırım 2002).

Boyama prosesinin sonunda, lifler tarafından absorblanan boyarmadde, banyo içinde kalan boyarmadde ile dinamik denge durumundadır (Öner 1999).

### **2.3.1. Polyester Lif Özelliklerinin Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisi**

Eriyikten çekilerek üretilmiş ve soğutulmuş, kısmen oryante olmuş polyester iplikleri boyaması kolaydır. Bu tür materyaller, düşük moleküler oryantasyon derecesine sahiptir ve hızlı boyanabilmeleri kolaylıkla anlaşılabilir. Çekilmiş materyaller, yüksek oryantasyon derecesine sahiptirler ve daha yavaş boyanır. Liflerin boyanma özellikleri üzerine etkili olan diğer faktörler aşağıda kısaca açıklanmıştır (Öner 1999).

---

1) <http://www.imagegroup.com.tr/tr/indexmiddle-dosyalar/ürünler/boya.asp>

### **2.3.1.1. Isı ve Gerilimin Etkisi**

Isıl işlem sırasında sıcaklıktaki veya gerilimdeki değişimin etkileri oldukça şiddetlidir ve aynı banyoda farklı işlem görmüş lifler mevcutsa, oldukça büyük renk farklılıkları elde edilebilir (Öner 1999).

### **2.3.1.2. Lif Yağlayıcılarının ve Leke Gidericilerin Etkisi**

Boyanmış materyalde renk farklılıklarının diğer bir kaynağı lif yağlayıcılarının kullanılmasıdır. Isıl işlem veya uzun süreli depolama işlemi sonrasında, bu maddeler lifler içerisindeki boyarmadde migrasyon hızında önemli lokal değişimleri meydana getirirler. Çözücüler (dokumacının kullandığı leke gidericiler) ve yüzey aktif maddeleri içeren diğer maddeler zayıf bir keriyerin etkisine benzer bir şekilde, boyama sonrasında lokalize koyu lekeler (spot) oluştururlar. Bu yüzden bu çeşit leke giderici maddelerin boyahane dışında kullanılması istenmez (Öner 1999).

### **2.3.1.3. Liflerin Yapısının Etkisi**

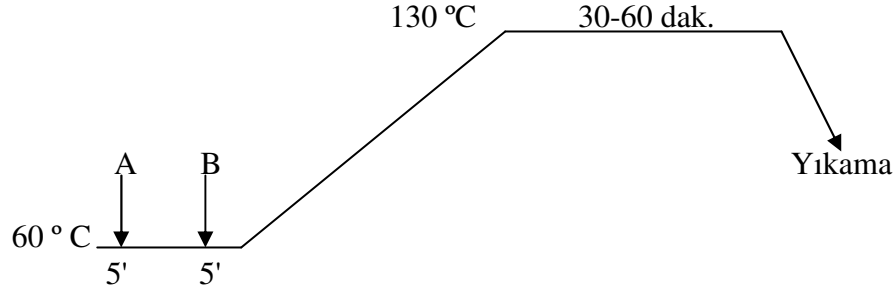
Boyama davranışlarındaki bu tür değişikliklerin sebepleri liflerin ince yapısında gözlenmektedir. Boyama davranışlarındaki değişiklikler, yüksek oryantasyona sahip bölgelerin sayısı, büyüklüğü ve dağılımı ile ilgilidir (Öner 1999).

## **2.3.2 Polyester Liflerinin HT (Yüksek Sıcaklık) Yöntemine Göre Boyanması**

%100 polyester materyallerin boyanmasında en fazla kullanılan metottur. Bu metotta yaklaşık 130-140 °C boyama sıcaklığında ve basınç altında polyester lifleri dispers boyarmaddelerle boyanır. Boyama sonucunu etkileyen parametreler şunlardır:

- 1- Başlangıç sıcaklığı seçimi,
- 2- Sıcaklık yükselme hızı,
- 3- En yüksek boyama sıcaklığı ve süresi,
- 4- Boya banyosu çekim hızı ve oranı,
- 5- Boyama sonrası soğutma hızı,
- 6- İndirgen yıkamanın etkinliği.

Banyo içinde boya dispersiyonunu sağlamak için dispersiyon maddeleri kullanılır. Bunlar boyarmadde adsorbsiyonuna etki ederler. Anyonik dispersiyon maddeleri en iyi sonuçları verir. Düzgünlüğü sağlamak için egaliz maddeleri eklenir. Bazı egaliz maddelerinin dispersiyon özellikleri çok yüksektir. Bunların yanında köpük önleyici, ıslatıcı maddeler ve tampon kimyasalları da katılabilir. Bir HT boyama örneği şöyle verilebilir:



**Şekil 2.7.** HT boyama diyagramı örneği ( Öner 1999).

**A:** Asetik asit (pH 4,5-5,5), 0.5 g/L ıslatıcı, 0.5-1 g/L egalize maddesi, 1 g/L dispergator

**B:** % x boyarmadde

Boyama süresinin sonunda liflerin yüzeyinde ki boya konsantrasyonu liflerin içindeki boya konsantrasyonunun üzerindedir. Hemen yüzeye yapışık duran “ölü boya” diye tabir edilen bu boyanın renk verimine katkısı çok azdır. Ölü boya, tekrar suya geçip haslığı bozmaya çok müsait konumdadır. polyesterin bir özelliği olan kapalı ve hidrofob yapısından dolayı inorganik maddeler yüzeyden içeriye işleyemez. Bu özellikten faydalanarak polyesterin yüzeyinde ölü boya, liflerin içine nüfuz etmiş boyaya zarar vermeden uzaklaştırılabilir. Boyama sonrasında oligomer problemi nedeniyle banyo mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklıkta boşaltılmalıdır<sup>1)</sup>.

1) <http://www.imagegroup.com.tr/tr/indexmiddle-dosyalar/ürünler/boya.asp>

### 2.3.3. Polyester Liflerinin Keriye (Taşıyıcı) Yöntemine Göre Boyanması

Polyester mamullerin kaynama sıcaklığında (100 °C) boyanması, keriye ilavesi ile yapılır. Bunlar life nüfuz ederek yapının daha düşük sıcaklıklarda açılmasını sağlayarak boyarmadde difüzyonunun daha hızlı gerçekleşmesini sağlarlar

Keriye kullanımının hem olumlu, hem de olumsuz tarafları vardır. Keriye ile maliyetler yüksektir, artıkların uzaklaştırılması zordur, çevre kirliliği problemi vardır ve bir kısmı da zehirlidir. Bu yüzden Keriye varlığında uygulanacak boyarmadde dikkatli seçilmelidir. Keriye kullanılırken boyarmaddenin hızlı alındığı sıcaklık aralığında, sıcaklık yükselmesi yavaş olmalı ve boyarmadde kombinasyonlarında difüzyon hızları birbirine yakın boyarmaddeler kullanılmalıdır.

Boyama banyosunun pH'ı asetik asit yada formik asit ile 4.5-5.5'e ayarlanır ve isteniyorsa uygun yardımcı maddeler de boyama banyosuna eklenir. Kullanılacak keriye cinsine göre, 40-70 ° C'ye kadar ısıtılır ve mamul boya banyosu ile bir süre muamele edildikten sonra özenli bir şekilde hazırlanmış olan keriye emülsiyonu konur. Mamul 15 dakika kadar da boyarmadde içermeyen keriye banyo ile muamele edilir. Sonra dispersiyon boyarmaddesi süzerekten banyoya konur ve banyo sıcaklığı 30-45 dakika içerisinde kaynama sıcaklığına çıkarılır. Kaynar banyo 1-2 saat boyamadan sonra, iyi bir şekilde durulanıp indirgen yıkama yapılır (Öner 1999).

### 2.3.4. Polyester Liflerinin Termosol Yöntemine Göre Boyanması

Sürekli (kontinü) sistemlerde özellikle pamuk/polyester karışımlarının dispers boyarmaddelerle boyanmasında çok önemli bir metottur. Polyester lifi üzerindeki boyarmadde 200 °C gibi yüksek sıcaklıklarda normal HT sıcaklıklarına göre yaklaşık bin kat daha hızlı lif içine difüzyonlanır. Termosol yönteminde işlem basamakları aşağıdaki şekildedir:

Emdirme → Sıkma → Kurutma (iki basamaklı) → Termofikse → İndirgen yıkama  
→ Diğer işlemler.

**Emdirme:** Emdirme boyama fulardı içinde yapılır. Fulard içinde dispers boyarmadde, antimigrasyon ajanları, pH stabilizatörleri ve eğer gerekli ise absorpsiyon

hızlandırıcı ajanlar bulunabilir. Seçilen boyarmaddenin süblimasyon haslıkları yüksek olmalıdır.

**Kurutma:** İki basamakta (ön-kurutma ve kurutma) yapılır. Termosol prosesinin en önemli basamağıdır. Kesinlikle boya migrasyonuna izin vermeyecek şekilde yapılmalıdır. Kurutma üç yolla yapılabilir;

- 1- IR ön kurutma ve silindir kurutma,
- 2- IR ön kurutma ve Hot-Flue kurutma,
- 3- Hot-Flue ön kurutma ve Hot-Flue kurutma.

**Termofikse (Termosolleme):** Lif yüzeyinde bulunan boyarmadde hızla lifin içine doğru difüzlenir. Üç temel basamakta oluşur: 1) Isıtma. 2) Boya sorbsiyonu. 3) Boya difüzyonu. Üç basamak sırayla ard arda oluşur. Boyarmadde özellikleri ve renk koyuluğu dikkate alınarak 180-200°C arasında 30-90 sn. fiksasyon yapılır.

Termosolleme ramöz, hot-flue, delikli tamburlu fiske makinesi ve fiske silindirlerinde yapılabilir. En uygun termosolleme ramözlerde yapılır (Öner 1999).

### 2.3.5. Redüktif (İndirgen) Yıkama

Haslıkların iyileştirilmesi amacıyla indirgen yıkama yapılır. Lif bünyesine alınmış fakat lif yüzeylerinde ve lif aralıklarında tutunmuş bulunan boyarmadde molekülleri indirgen yıkama ile uzaklaştırılır.

Bir redüktif yıkamanın her şeyden önce orta ve koyu ton boyamalarda haslıkları olumlu şekilde etkilediği kanıtlanmıştır. Açık renk boyamalarda redüktif temizlemede amaç haslıkları iyileştirmek değildir. Aynı zamanda redüktif temizleme ile oligomer oluşumunu azaltma ve yok etmektir.

Polyester boyamaların redüktif temizlenmesinde hidrosülfit, sodyumbisülfit, formamidinsülfin ve glikoz türevleri en çok kullanılan maddelerdir. Bunların yanı sıra redüktif temizlemede bazı yardımcı maddeler kullanılmalıdır. Bu maddelerden beklenen özellikler; çok iyi disperge etme ve temizleme etkilerine sahip olmaları, renk nüansına etki etmemeleri, köpük oluşturmamaları, oligomerlerin ve boyarmadde artıklarının çökmelerini engellemeleri, alkaliye karşı dayanıklı olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilir

olmalarıdır. Anyonik ve noniyonik maddelerle yapılan çalışmalarda noniyonik maddelerin daha uygun olduğu gözlenmiştir (Aniş ve Eren 2001).

Örnek bir uygulama reçetesi şöyledir (Aniş ve Eren 2001);

2 g/l sodyum hidroksit veya soda

1-2 g/l hidrosülfid

1-2 g/l deterjan (yüksek aktif madde)

60-75 °C'de 30 dakika.



## 2.4. İçi Boş Lifler

### 2.4.1. Giriş

İçi boş kanallı liflerin, organik veya inorganik çözeltilerden yada çeşitli polimerlerin eriyiklerinden, yaş veya eriyikten lif çekim yöntemleriyle çeşitli alanlarda kullanılmak üzere üretimi yıllardan beri yapılmaktadır. Son yıllarda da gözenekli yapıdaki içi boş kanallı lifler tıbbi ve teknik tekstillerin yapımında kullanılmaya başlanmıştır.

Atık suyun temizlenmesi, deniz suyunun arıtılması, gaz filtrasyonu, biyolojik ve kimyasal ayırma prosesleri dışında kanın temizlenmesinde de içi boş kanallı liflerden faydalanılmaktadır. Az miktardaki sıvıyı ısıtmak için tasarlanan mini ısı değiştirici sistemleri de içi boş kanallı liflerin özel uygulama alanlarıdır. İçi boş kanallı lif eldesinde eriyikten lif çekim yöntemi yaş çekim yöntemine göre daha fazla tercih edilmektedir. Bunun başlıca sebebi, eriyikten lif çekimi ile elde edilen liflerin çok daha mukavemetli olmasıdır. Bu lifler kullanılan polimere bağlı olarak genellikle yüksek sıcaklıklara ve kimyasallara karşı daha dirençlidir. Eriyikten çekim yöntemiyle üretilen liflerle kıyaslandığında içi boş kanallı liflerin yüzey pürüzlülüğü yaş lif çekim yöntemiyle üretilenlerden çok daha azdır. İçi boş kanallı liflerdeki gözenek büyüklükleri ve dağılımlarının lif üretim esnasında ve sonrasında kontrol edilmesi gerekmektedir.

Özel geometrik yapıya sahip içi boş kanallı lifler, yıllardan beri ısı izolasyonu amacıyla tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır. Dolgu lifleri, yüzey/hacim oranı olarak fazla miktarda hava içeren düşük polimer kütesine sahip liflerdir. İçi boş kanallı lif duvarlarının gözenekli yapılması sayesinde, membran olarak teknik ve tıbbi alanlarda kullanımı mümkün olmuştur. İplik üretmeye uygun tüm polimerlerden yaş veya eriyikten lif çekim teknolojisi ile içi boş kanallı lif üretim yöntemi mümkündür. Bu özel üretimin gerçekleşmesi modifiye edilmiş özel düzeler ile sağlanmaktadır. Bu teknoloji için modifiye edilmiş düze başlığı (Lümen oluşumu için gaz besleyen yapıdaki ) gereklidir. İçi boş kanallı bir lifin geometrisi, üretim hızı ve çekim oranı ayarlanarak belirlenmektedir.

Günümüzde yer döşemeciliği pazarı, bir yandan müşteriler daha yüksek kalite ve uzun ömürlü ürün isterken diğer taraftan ürün fiyatının uygun olmasının beklenmesi nedeniyle oldukça zor durumdadır. Halı endüstrisi, basit dokulu halıların fazla kabul görmediği bir durumla karşı karşıyadır. Bu durumda da içi boş kanallı yapıdaki lifler karşımıza çıkmaktadır (Seventekin ve ark. 2001).

#### **2.4.2. İçi Boş Liflerin Üretim Yöntemleri**

İçi boş kanallı lifler özel düzelerden çekilmektedir. Kullanılan düzeler, kapalı bir yarığa, yada kapalı yarıklı daire özlü yapıya sahiptir. İçi boş kanallı bir yapı oluşturacak olan eriyik akışkanı, eriyik fazında düzeden geçirilmektedir. Bu basit teknoloji için modifiye edilmiş oluklu düzelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra işlemin hatasız gerçekleşmesi için dış çapın ve/veya duvar kalınlığının da önemi büyüktür. İçi boş kanallı lif duvarında kısa yada uzun açıklı yarıklar üretebilmek mümkün iken içi boş kanallı lif üzerinde lif ekseni boyunca bölgesel boşluk eldesi mümkün olamamaktadır. Mikroskobik lif yapısı, birçok uygulama için yeterli değildir. Fakat herhangi bir hata içermeyen içi boş kanallı lif yapısı tüm teknik ve tıbbi alanlarda uygulama imkanı bulmaktadır. Bu çeşit içi boş kanallı yapıdaki bir lif, kapalı yarıklı bir düze ile elde edilebilmektedir. Söz konusu düze yuvarlak formlu olup ortasında boşluk(öz) içermektedir. İçi boş kanallı lifin iç çapının kontrolü lif çekimi esnasında buhar basıncı ile sağlanmaktadır (Beyreuther ve Hoffman 1997).

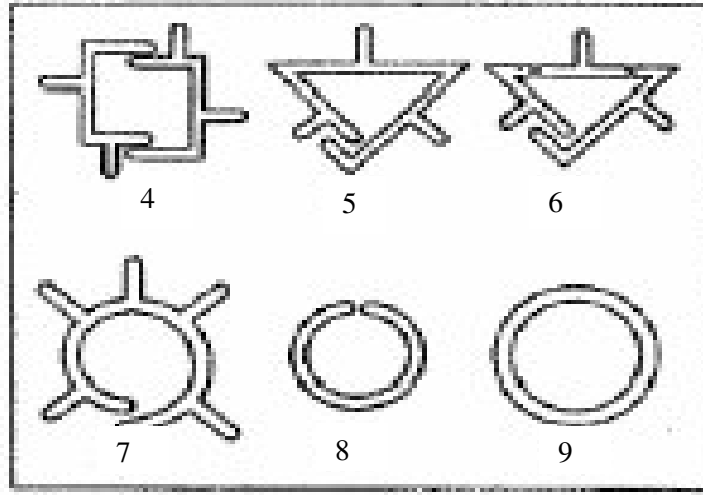
İçi boş liflerin üretimi için farklı yollar vardır; yaş çekim, çözeltiden çekim ve eriyikten çekimdir. İçi boş liflerin eriyikten çekiminde genellikle açık kesit şeklini oluşturmak için dizayn edilen düzeler kullanılır. Mesela tek delikli içi boş lifler çoğunlukla C kesit şekline sahip düzelerle elde edilir. C şekli boyunca çoğunlukla Briç diye adlandırılan C şeklinin açık aralığı, iç kısmının çökmesi engellenmelidir (Rwei 2001).

İçi boş lifler gelişmekte ve bir çok alanda kullanılmaktadır. İçi boş lifler polimer meltten veya polimer çözelti yöntemleri ile elde edilir. Bu lifler fonksiyonel gereksinim oluşturmak için kaplanır veya uygun hale getirilebilir.<sup>2)</sup>

Şekil 2.8’de içi boş kanallı lif üretiminde uygun olan düze profilleri yer almaktadır. Şekildeki 4 ve 7 numaralı düzeler açık yarıkli düzeleri, 9 numaralı düze ise gerçek içi boş kanallı lif yapımında kullanılan kapalı yuvarlak yapıdaki düzeyi göstermektedir.

2) [http://pep.sric.sri.com/Public/Reports/Phase\\_98/RP190C/RP190C.html](http://pep.sric.sri.com/Public/Reports/Phase_98/RP190C/RP190C.html) 6/25/2002

Yuvarlak özlü düze, düzenin arasından gaz beslenen özel olarak tasarlanmış lif çekim başlığı içermektedir.



**Şekil 2.8.** Düzeler (Beyreuther ve Hoffman 1997).

İstenilen geometriye ve çekilen içi boş kanallı lifin yapısal durumuna göre (dış çap  $D_1$ , duvar kalınlığı  $W_d$ , kısmen veya tamamen oryante olmuş amorf, kristalin bölge) eğirme hızı ve çekim koşulları belirlenmelidir. Uygulamalarda eğirme ve çekim işlemlerinin kesikli ve sürekli olarak yapıldığı durumlar mevcuttur (Beyreuther ve Hoffman 1997).

Zar geometrisine benzeyen dairesel olmayan kesit alanına sahip düzenlenmiş lif yapımının metodolojisinde büyük gelişim sağlanmaktadır. Dairesel olmayan kesit şekline sahip lifler, dairesel kesit şekline sahip silindirik liflerden bükülmezlikte, sürtünme katsayısında ve yumuşaklıkta farklı özellik gösterirler. İçi boş lifler bir çeşit şekillenmiş liflerdir ve yapımında iki çeşit düze dizaynı vardır. Birinde iç göbeğe hava üfleyen bir

halkalı metal kalıp kullanılır, diğesinde ise hava akışı içeren bölünmüş kavisli metal kalıp kullanılır (Tae Hwan ve ark. 1997).

Geniş çaplı içi boş liflerin ekstrüzyonu liflerin şekilsiz olmamasını sağlayan polimer karışımları gerektirmektedir. Küçük çaplı lifler için kullanılan dizaynlar büyük çaplı liflerin düşük patlama basınçlarına sahip olmasına yol açmıştır. Bu problem polimer akışının kanalları doldurmasına ve polimer karışımının daha stabil olmasını, üniform kalmasını sağlayan ve polimer eriyiğinin kırılmasını önleyen yeni dizaynla önlenmiştir. Bu dizayn basittir ve et kalınlığının hızlı değişimini sağlayan esnekliği meydana getirir.(Sonnenschein 2001)

Yapılan bir çalışmada içi boş liflerin mekanik ve ısıl özellikleri diğ liflerle karşılaştırıldı. İçi boş lifler dış yarıçap yada boşluk oranı sabit tutulduğunda daha büyük kristallik, oryantasyon, mukavemet özellikleri gösterebilir. % 50 boşluk oranında daha geniş iç çap ve daha yüksek hızlarda lif özellikleri artırılabilir. Ortalama hızlarda ve boşluk oranlarında maksimum % 55-60 kristalliğe ulaşılabilir. Başka bir işleme özelliği ile (boşlukta azot akışı) normal lif özelliğinden farklı lifler üretilebilir. Liflerin merkezinde bir delik olması, kristallik ve oryantasyon arasındaki dengeyi değiştirir (Rovere ve ark.. 2002).

#### **2.4.2.1. İçi Boş Kanallı Yapının İlk Oluşum Yöntemi**

Metot: Eriyikten lif çekimi yönteminde özel düze kullanımı ile direkt boşluk oluşturma

Etki: 3 ve 7 oranında boşluk oluşturma olanağı

Problemler:

- Boşluk oranı %30'un altında sınırlandırılmıştır.
- Tekstüre, dokuma ve örme işlemleri ile boşluk oranı azalmaktadır.
- 10'dan fazla kanal oluşumu gerçekleşmemektedir.

#### **2.4.2.2. İçi Boş Kanallı Yapının İkinci Oluşum Yöntemi**

Metot: Eriyikten lif çekiminde alkalide kolayca çözülebilen reçine ile PET'in konjuge edilmesi

- Boşluk oluşturmak için reçineyi alkali çözeltisinde çözme
- % 40'dan daha fazla boşluk oranı oluşturmak mümkündür.

Etki: Tekstüre, büküm, dokuma yada örme işlemlerinden sonra, çözülme boyama işleminde de devam eder. Böylece başlangıçta hesaplanan boşluk oranı boyama işlemi ile elde edilir.

Problemler:

- 10'dan fazla kanal oluşumu gerçekleşmemektedir.
- Alkali çözeltisinin, reçinenin içerisine nüfus edebilmesi için lif yüzeyinde izleyebileceği kanallara ihtiyaç vardır. Bu kanallar, yarıklara dönüşüp, oluşan içi boş kanalın yapısının bozulmasına neden olmaktadır.
- Alkalide kolayca çözünebilen reçine yüzeyden izole edilirse, içeride bulunan reçine çözünemez ve boşluk oluşumu gerçekleşmez.

#### 2.4.2.3. İçi Boş Kanallı Yapının Üçüncü Oluşum Yöntemi

Metot:

- Eriyikten lif çekiminde PET'i suda kolayca çözünebilen reçine ile konjuge etmek
- Boşluk oluşturmak için reçineyi suda çözme

Etki:

- Tekstüre, büküm, dokuma yada örme işlemlerinden sonra, çözülme boyama işleminde de devam eder. Böylece başlangıçta hesaplanan boşluk oranı boyama işlemi ile elde edilir.
- % 40'tan fazla boşluk oranı oluşturmak mümkündür.
- Lifin içerisindeki Exceval adaları yüzeyden izole edilse bile Exceval içi boş kanallı yapıyı oluşturmak için çözülebilir (Yoshioka ve Akiba 2001).

PET lifinden hafif kumaş üretimi için uzun süredir çalışmalar yapılmaktadır. Eriyik lif çekimiyle kısmen ağır materyaller kullanılarak PET gibi hafif kumaşlar üretebilmek için şimdiye kadar aşağıdaki metotlar denenmiştir.

- 1) Özel düze kullanımı ile enine kesitte doğrudan boşluk oluşturma.

- 2) Özel düze kullanımı ile enine kesitte 3'ten fazla dala sahip çok parçalı boşluk oluşturma.
- 3) Çekirdek manto yapısı oluşumu için iki tip polimeri konjuge etme ve ardından boşluk oluşturulması için çekirdekte bulunan polimeri uzaklaştırma.

Filament ipliklerden hafif kumaş üretimi için yukarıdaki metotlarla kombine edilerek aşağıdaki metotlar da yaygın olarak kullanılmaktadır.

- 4) Tekstüre iplik: Filamentler arasında hava boşlukları olan hacimli iplik üretmek için yalancı büküm, örme-sökme veya hava jetli tekstüre yöntemleriyle kıvrım oluşturma
- 5) Farklı büzülme yeteneğine sahip ipliklerin karıştırılması: Filamentler arasında hava boşlukları olan hacimli iplik üretmek için ısıtıldıklarında farklı büzülme oranlarına sahip iki yada daha fazla ipliğin karıştırılması (Yoshioka ve Akiba 2001).

### 2.4.3. Yapılan Yenilikler

Çok hafif ve çok dayanıklı içi boş kanallı bir yapı elde edebilmek amacıyla yeni hafif lif geliştirme çalışmaları da yapılmaktadır. Bu kapsamda lifler;

- $0,85 \text{ g/cm}^3$ 'ün altında bir özgül ağırlıkta olmaları için büyük boşluklara sahip olmalıdır (örneğin PET liflerinde boşluk oranı % 40'dan fazla olmalıdır).
- Kolayca ezilmeyen, petek dokusuna benzer yapıda içi boş kanallı bir yapıya sahip olmalıdır.
- PET kısmı iyi boyanabilir, kolay tekstüre edilebilir ve kolay işlenebilir olmalıdır.

Çalışmalarda son üretim aşamasında boşluk oranı % 40'dan daha fazla olan petek dokusu PES lifi üretimi amaçlanmaktadır.

Eriyikten lif çekim yönteminde, direkt olarak içi boş kanallı lif oluşturmak mümkün olmakla beraber hedeflenen içi boş kanallı yapının boşluk oranının hem % 30'dan fazla olması hem de 3'ten fazla içi boş kanal içermesi oldukça zordur. Genellikle 1 yada 3 içi boş kanal içeren lifler kullanılmaktadır. Fakat bu lifler başlangıçta oluşturulan boşluğun tekstüre, büküm, dokuma veya örme işlemleri sırasında lifin yan yüzeyinde oluşan gerilim nedeniyle kademeli olarak bozulması dezavantajını taşımaktadır.

Bu zayıf noktanın üstesinden gelmek için deniz-ada konjuge yapısı seçilmiştir. Böylece özel hacimli ada polimeri tekstüre, büküm, dokuma veya örme işlemlerinde yapısını koruyabilmektedir. K-21 liflerinin üretiminde, PET deniz ve Exceval ada olarak özel bileşim oranlarında konjuge edilmişlerdir. Exceval, PVA ve EVAL kopolimerlerinin teknik özelliklerinin birleştirildiği suda çözünebilen yeni bir polimerdir. K-21 için yalnız büküm veya diğer tekstüre metotları uygundur ve lifin enine kesit şekli değişirse, Exceval adalarının da şekli değişmekte ancak adalar kaybolmamaktadır. K-21 büküm, dokuma ve örme işlemlerinde gerilime maruz kalsa bile Exceval adalarının formu bozulmamaktadır. Exceval; başlangıç konjugasyonunda tasarlanan boşluk oranındaki lif yapısını oluşturmak için en sondaki boyama işleminde çözünmektedir.

Exceval eriyikten lif çekim yöntemi için uygun olmakla beraber eriyik şartlarında kolayca jel oluşturmaya eğilimli olduğundan ısıya dayanıklı değildir. Exceval'ın erime noktası 210°C, PET'in ise 240-260°C'dir. Başlangıçta polimerlerden birisinin Exceval olduğu erime noktaları ve erime viskoziteleri tamamen farklı iki tip polimer kullanarak konjuge edilmiş kararlı bir eriyikten lif çekim işleminin çok uğraştırıcı olduğu düşünülmüştür.

Konjugasyon oranı ve adaların sayısı geniş bir aralıkta ayarlanabilmektedir. Son aşamada boşluk oranını oluşturan Exceval'in ağırlık oranı %30'dan %70'e ayarlanabilmekte ve adaların sayısı amaca bağlı olarak 1 ila 6 arasında seçilebilmektedir.

Exceval, PVA haşıl maddesi ile benzer özelliklere sahip olduğundan boyamadan önce çözülmeli ve uzaklaştırılmalıdır. Alışılmış relaksasyon şartlarını (90°C 30 dakika) kullanarak bu kolayca sağlanabilmektedir. Exceval'in uzaklaştırılmasının ardından K-21, %100 polyester lifi haline gelmektedir (Yoshioka ve Akiba 2001).

#### **2.4.4. İçi Boş Liflerin Özellikleri ve Kullanım Alanları**

Liflerdeki boşluk; normalin altında ağırlık, ısı izolasyonu, ışıktaki farklı kırılma ve özel parlaklık gibi liflere önemli özellikler kazandırmaktadır. Bu özellikler iplikteki boşluk oranına göre çoğaltılabilir.

Bazı diğer özellikler; nem absorpsiyonu, su tutma ve kuru hissetme; nemin vücuttan alınarak dış ortama verilmesi suretiyle insan vücudunun kuru ve konforlu bir ortamda

kalmasını sağlarlar. Hacimli bir görünüm ve yumuşak bir tuşe sağlarlar ve rezilyans özelliği sayesinde herhangi bir ağırlık uygulaması ve sıkıştırma işleminden sonra standart liflere göre daha kolay eski hacimlerine ulaşabilirler. Bu özellikler özel işlemlerle arttırılabilir.

İçi boş lifler genel tekstil ve teknik tekstil alanlarında kullanılmaktadır. Genel tekstil alanları; dış giyim, iç giyim, yüksek performanslı aktif spor giysilerinde, kış giysilerinde dokusuz yüzeylerde, yatak takımlarında dolgu malzemesi olarak kesikli lif, yüzey kumaşında filament iplik halinde ve halı sektöründe kullanılır.

Düşük ısı transferinden dolayı spor giyimi ve kış giysileri için önerilen % 30 boşlukla PA 6 modifiye liflerdir. Polyester liflerin üçgen olması ve % 10-50 boşluk olması halinde termal yalıtım ve düşük ağırlıktan dolayı tavsiye edilir. Ayrıca ışığın kısmi kırınımından dolayı yataklar ve halılar için tavsiye edilir.

Diğer uygulamalar; tıp ve teknoloji alanında gaz ve sıvıları filtreleme ve ayırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Ayırma işlemi için birçok metot vardır. Bununla beraber polimer zar ayırıcılar daha caziptir. Son yıllarda gaz ayrışımı için polimer zarların kullanımı endüstride genişledi. Bu lifler tıpta çok popülerdir ve endüstriyel uygulamalarda kızılötesi lazer için ve devre tahtalarının yazımında laminat malzemeli multiçip modülünde kullanılmaktadır. İçi boş lifler daha güçlü enerji seviyesinde yüksek lazer etkilerine sahip olabilirler. Tıp alanında; diyalizörlerde , kan filtrasyonunda kullanılır.<sup>3,4)</sup>

Genel tekstil ucuz olduğu halde içi boş liflerin üretim maliyeti yüksektir. Fakat teknik amaç ve tıp için kullanılan ipliklerin kullanım alanı geniş olduğu kadar marjı da yüksektir.<sup>3)</sup>

İçi boş lifler geleneksel olarak düşük ağırlıkta yüksek hacim sağlarlar ve giysilerde izolasyon ve yüksek yumuşak özelliğe sahip nonvoven materyallerin üretiminde kullanılır. İnce borulardan yükselme özelliği ile içi boş lifler yüksek absorblama yapabilirler. Diğer içi boş lif uygulamaları halılarda kirlenmeye karşı direnç sağlama ve rezilyans özelliğinin iyi olması nedeniyle tercih edilir.<sup>4)</sup>

---

3) [poy-yarn.com/index-frameset.htm](http://poy-yarn.com/index-frameset.htm)

4) <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/ntcprojects/projects/F02-NS05/>



## 2.4.5. Farklı Polimerlerden Elde Edilen İçi Boş Lifler

### 2.4.5.1. Hafif Kumaşlar İçin Geliştirilen PET Esaslı İçi Boş Lifler

Tüketicilerin artan talepleri doğrultusunda özellikle spor giysisi ve araba döşemeciliği alanlarında rahatlık sağlamak için son zamanlarda hafif kumaşlara fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu istekleri karşılamak için, içi boş kanallı yapıya ve yüksek boşluk oranına sahip ticari adı K-21 olan hafif polyester lif malzemesi geliştirilmiştir. İçi boş kanallı polyester lifi, ilk olarak suda çözünebilen yeni bir polimer olan “Exceval” kullanılarak üretilmiş, ancak bu yapının birim lif yapısına uygulanması oldukça zor olmuştur. İçi boş kanallı bir yapıya ve yüksek boşluk oranına sahip K-21 lifi, eriyikten lif çekimi yöntemiyle PES’in Exceval ile konjüge edilmesi ve içi boş kanallı bir yapı oluşturmak için Exceval’ın su ile çözülmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu durumda K-21 su üzerinde yüzebilmektedir.

Suda çözünebilme ve sıcaklık etkisiyle eriyebilme özelliğine sahip Exceval ile konjüge edilmiş PET’den eriyikten lif çekimi yöntemi kullanılarak, son ürün basamağında %40’dan daha fazla boşluk oranı içeren ve petek dokulu yapıya sahip içi boş kanallı polyester lifi üretilmektedir. Exceval, biyolojik olarak yüksek oranda parçalanabilir özelliğe sahiptir. Genellikle PES’e uygulanan alkali indirgeme işleminde atık suyun arıtma maliyeti yüksek olmaktadır. Fakat Exceval, mikroorganizmalar tarafından kolaylıkla parçalanabildiğinden K-21’den gelen atık suyun aktif çamurla uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır. K-21, sadece hafif bir materyal değil aynı zamanda çevre dostudur.

% 100 PES olmasına rağmen K-21, PP’den bile daha düşük bir özgül ağırlığa sahiptir ve su üzerinde yüzebilmektedir. Ayrıca havayı hapsetmesi sayesinde sıcak tutmaktadır. PES esaslı olması nedeniyle kullanımı kolaydır. Özellikle spor giysiler olmak üzere pek çok tekstil alanında kullanılmaktadır.

K-21 lifleri, insan vücudundaki yükü hafifletmesi nedeniyle; spor giysileri, hastane giysileri, çalışma kıyafetleri ve enerjiyi koruması nedeniyle de otomobil döşemeliği olarak kullanılabilir.

Exceval kullanılarak ikinci ve üçüncü jenerasyon fonksiyonel materyallerin üretim çalışmaları devam etmektedir (Yoshioka ve Akiba 2001).

#### **2.4.5.2. İçi Boş Kanallı Peek Lifleri**

Bir İngiliz firması tarafından hafif, sürtünme dayanımı artırılmış halat yapımında kullanılmak için yüksek sıcaklığa dayanıklı içi boş kanallı bir monofilament geliştirilmiş patenti alınmıştır. Geliştirilen monofilamentin elde edilmesinde özel bir reçine olan Peek-polieter-eterketon-kullanılmıştır.

Geliştirilen içi boş kanallı termoplastik monofilamentin, birim kütlede sürtünme dayanımını artırıcı etkiye sahip olması, halat yapımında kullanılmasında avantaj sağlamaktadır.

Yeni tip monofilamentin üretimi, hacim olarak %20 azaltılmış ve 0.07-0.8 mm dış çapta gerçekleştirilebilmektedir. Boşluğun enine kesit alanına oranının %10-40 civarında olması durumunda, içi boş kanallı monofilamentler standart monofilamentlere eş değer, bazı durumlarda da daha iyi aşınma direnci göstermektedir. Peek polimeri dışında PBT(Polibutilen Tereftalat), gibi reçinelerden de içi boş kanallı lif eldesi mümkün olmaktadır.

%20-80 boşluk oranı, halatların kullanımı sırasında monofilamentlerin yassılaşması nedeniyle halatın kaplama özelliğini maksimum oranda arttırmaktadır. Bunun yanı sıra ısı ayarı ile birlikte aşınma direncinde de gelişme gözlenmektedir.

Halat yapımında Peek gibi pahalı polimerlerin içi boş kanallı lif olarak kullanılması, diğer standart polimerlerden elde edilen halatlar ile kıyaslandığında maliyetten tasarruf etmenin yanı sıra ağırlıkta da azalma sağlamaktadır.

İçi boş kanallı liflerin düzelerden geçirildikten sonra katılaşması sağlanmakta ve ısıtılmış silindirlerde çekildikten sonra sıcak gerdirme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemler bittikten sonra bobinleme yapılmaktadır. Peek reçinesi 25°C'de, 100 ml konsantre sülfirik asitte 0,1 g polimerin olduğu çözeltilde yaklaşık 1 poise viskozite değerine sahiptir.

Bu çözelti karıştırıcıda 380°C’de eriyik haline getirilmekte ve 2,2 mm iç çapa sahip 4,4 mm dış çapı olan halkalı boşluklardan 2-15 g/dk hızla geçirilmektedir.

İçi boş kanallı filamentler özel düzelerden çekildikten sonra normal boylarının 2,5-3 kat kadar gerdirilmektedir. Bu işlemin ardından tekrar 310-340 °C’ye kadar ısıtma işlemi yapılmakta ve filamente normal uzunluğunun maksimum % 15’i olacak şekilde relaksasyon verilmektedir. Bu işlem 0,2-0,25 mm çapa sahip olan monofilamentlerin % 25 oranında boşluk içermesini sağlamaktadır. Test sonuçlarına göre standart ve içi boş kanallı monofilamentler arasında dayanım,kopma uzaması ve dayanım faktörü arasında çok büyük fark bulunmaktadır ( Lennox Kerr 2001).

#### **2.4.5.3. Konfeksiyon Sanayi İçin İçi Boş PA Lifleri**

İçi boş kanallı PA liflerinin üretimi, yüksek viskozite ve özel düzeler gerektirmektedir. Özellikle PA 6.6 tekstil ipliğinin üretiminde, hem viskozite ve hem de düzelerin dayanma süresi ekonomik açıdan önemlidir.

Özel polimer akışkanının kullanımıyla birlikte mekanik tasarım ve eğirme bölgesinde yapılan ölçümler yardımıyla özel düze tasarımları geliştirilmiş ve düzelerin ömrü arttırılmıştır. Bu çalışmalara bağlı olarak ve tüketici ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak, endüstriyel anlamda üretime başlanmıştır.

Çekilmiş olan içi boş kanallı filament ipliği, bütün yönlerden tam bir filamentle eşdeğer özellikler göstermektedir ve aynı zamanda özgül ağırlığı da % 30-40 civarında azaltılmıştır. Aynı anda test edilen kumaşlar, standart kumaşlara göre yaklaşık % 15 daha fazla ısı izole etme yeteneğine sahiplerdir. İçi boş kanallı PA lifleri, standart PA lifleri ile boyama ve bitim işlemleri açısından kıyaslandığı takdirde işlemlerde herhangi bir farklılık bulunmamaktadır.

Boyamaya başlarken düşük banyo sıcaklığı (30°C) tavsiye edilmekte, sıcaklık atmosfer basıncı altında çalışan cihazlarda yavaş ve kademeli olarak 95-98 °C’ye kadar arttırılmaktadır.

Üretilen iplikler, konfeksiyon sanayinde endüstriyel ölçüm skalasına göre test edilmiş, özellikle dış giyim ve spor giyiminde tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Örme ve fantezi iplik alanında da testler devam etmektedir (Rognani 1999).

#### 2.4.5.4. İçi Boş Kanallı Yapıda PP Lifleri ve Halı Sektöründeki Uygulamaları

Tüm lifler, halı sektöründe hav tabakası olarak kullanılabilir. Doğal lifler arasında hav yapımında kullanılan başlıca liflerden birisi de yündür. Sentetik lifler arasında da en fazla PA, PP ve PES hav ipliği olarak kullanılmaktadır. Bazı durumlarda akrilik, viskon, pamuk ve ipek lifleri de sınırlı miktarlarda kullanılabilir. Halı yapımında kullanılan liflerin özelliklerinin tümü tasarım ve fonksiyonelliğin bir parçasıdır.

Polipropilenin yıllık tüketim grafiği artan bir talep olduğunu göstermekte, buna karşın diğer sentetik liflerin çoğu sabit bir düzeyde kalmaktadır. PP, sentetik lifler arasında en yeni liftir. Sadece bu sebepten dolayı halen daha bazı gelişmeler olmakta ve yeni uygulama alanları keşfedilmektedir. Araştırma ve gelişmeler sadece lif alanında değil aynı zamanda ham madde alanında da devam etmektedir. Değişen sadece ham madde değil, aynı zamanda enine kesit ve numara alanındaki çeşitliliğidir.

Klasik yuvarlak ve üçgen enine kesitli lifler yanında, profilli liflere son olarak içi boş kanallı yapıdaki Asota E3220 lifi eklenmiştir.

İçi boş kanallı yapıdaki lif oluşumunda ilk düşünce enine kesitte bir kanal oluşturmak olmuştur. Bu kanal da ideal olarak lifin tam ortasında olmalıdır. Ancak bu tip liflerin bükülmesinin ardından eski şeklini alamadığı görülmüş ve kanal eksantrik pozisyonunda olsa bile esneklik gelişmemiştir.

Bu çalışmalardan yararlanarak, yuvarlak enine kesitte üç kanal oluşturma fikri ortaya çıkmıştır. Bu üç kanal üçgen şeklinde yerleştirildiğinden lif merkezinde bir çeşit üçgen yapı oluşmaktadır. Yuvarlak dış enine kesitin, merkezdeki üç kanalla birleştirilmesi, her iki durumun da avantajlarını arttırmaktadır.

Halı yapımında kullanılan PP hav materyalinin esnekliğinin geliştirilmesi amacıyla, farklı lif tiplerinden çeşitli halılar üretilmiş, liflerin enine kesitleri, farklı lif karışımları, büküm derecesinin etkisi, sıcaklık ve hav ağırlığı göz önünde bulundurularak inceleme yapılmıştır. Buna göre;

- İki katlı iplik kullanıldığında daha iyi esneklik elde edilmiştir.
- Hav yüksekliği ve iplik numarası hav ağırlığını etkilemiştir.

- Liflerin enine kesitinin halının esnekliğinde çok açık bir etkisi bulunduğu ortaya çıkmıştır.

İçi boş kanallı yapıdaki lifin yüksek hacimli özelliği sayesinde halının görünüşü bozulmamakta, hacimli yapı ile birlikte iyi esneklik özelliği yüzeyde hoş bir doku oluşturmaktadır. Asota E3220, esneklikle birlikte yumuşak bir tutum da sağlamaktadır. E3220 aynı zamanda halıya bir şeffaflık sağlamakta ve halı yün görünümlü optik bir yapı kazanmaktadır. Enine kesitteki kanallar nedeniyle, lifte farklı bir ışık yansımaları oluşmaktadır.

Yünlü halılar günümüzde en iyi kalite olarak değerlendirilmektedir. Sentetik liflerin karışık olarak kullanılmasıyla yün lifleri sağlamlaştırılmaktadır. Başlangıçta klasik karışım oranı 20/80 olmakla beraber IWS düzenlemelerindeki değişiklikten sonra % 20 PA lifleri yerine mukavemeti daha fazla olan PP liflerine doğru bir kayma olmuştur. % 20 PP kullanıldığında karışıma büzülme oranı yüksek bir lif daha eklenmiş olmaktadır. Bu liflerin kullanılmasıyla kalite artmakta ve hacimli yapı gelişmektedir. Bu uygulamalar için Asota'nın boyanmayan, büzülme özelliğine sahip bir lif tipi (Asota S10) kullanılmaktadır. Yünün çile boyama işleminde boyanmasından sonra, Asota S10 lifi, çevresindeki liflerin renklerini yansıtmaktadır, böylece halı yüzeyinde boyanmamış lif görülmemektedir. Aynı efekt, "doğal" büzülebilen boyanmış yün lifleri kullanıldığında da gerçekleşmekte, bu sayede de boyama maliyetini azaltmak mümkün olmaktadır.

50/50 karışımı kullanıldığında doğal büzülebilen liflerin de eklenmesiyle maliyet oldukça azalmaktadır. Pigment boyalı PP'nin de kullanılabileceği düşünüldüğünde çok daha fazla maliyet avantajı sağlanabilmektedir. Normal şartlar altında, PP oranının artması, karışım maliyetini azaltmaktadır. Ancak PP içeriği çok arttığında iplik, sentetik optik görünüşlü bir durum almakta, özellikle çok düşük yün oranlarında, Asota E3220'in yün görünüşlü parlaklığı önemli bir faktör oluşturmaktadır. Bu lifin donuk ve aynı zamanda bir dereceye kadar şeffaf olan özel bir parlaklığı vardır.

PP oranı arttırıldığında ve E3220 kullanıldığında, halının yüne benzeyen görünümü değişmekte, hacim özelliğinde ve bunun sonucu olarak da hav ipliğinin kaplama kapasitesinde artış olmaktadır. Bu farklı karışım oranlarını göz önüne aldığımızda, çoğunlukla eriyikten çekilen liflerin kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

Yüksek büzülme oranına sahip ve aynı zamanda eriyikten lif çekimiyle üretilen Asota 3601 lifi, özellikle bu tip karışımlar için geliştirilmiştir. 90°C'de yaklaşık % 30 oranında ilk büzülme gerçekleşmektedir. Yaklaşık 105°C'de erime noktasına ulaşılmaktadır. Çoğu durumda % 5-10 arasında E3601 kullanılmaktadır. İçi boş kanallı yapıdaki lifler, halılarda % 100 PP ve diğer sentetik liflerle karışım olarak kullanılmaktadır (Linsbauer 1999).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışmada Kullanılan Liflerin Üretimi ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan standart ve içi boş 150 f 48 yarı mat FDY ve POY'lar Korteks'e ait Barmag POY/FDY Pilot Makine'de Korteks standart üretimi yarı mat cips kullanılarak kuru çekim yöntemiyle üretilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan liflerin üretim parametreleri

Üretim Parametreleri	Standart FDY	Hollow FDY	Standart POY	Hollow POY
Düze Tipi (mm)	0,25 x 0,50	0,25 x 0,50	0,25 x 0,50	0,25 x 0,50
Düze Debisi (gr/dk)	79,85	78,68	80,95	89,8
Üfleme Hava Hızı (m/sn)	0,65	0,65	0,50	0,50
Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	20	20	20	20
Sarım Hızı (devir/dk)	4820	4900	3200	3200

**Çizelge 3.2.** Çalışmada kullanılan liflerin enine kesit özellikleri

	Standart FDY	Hollow FDY	Standart Teks	Hollow Teks
Lif Dış Çapı (um)	19	22,5	20	22,5
Lif İç Çapı (um)		8,5		10

Standart ve içi boş POY üretildikten sonra Stahle Eltex SSM RM3/T makinelerinde 1.6 çekim oranıyla hava tekstüre iplik elde edilmiştir.

FDY ve hava tekstüre ipliklerden Yung Tai Marka 260 iğneli numune çorap makinesinde kumaş numuneleri hazırlanmıştır. Kumaş numunelerinde kullanılan ipliklerin özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Boyamada kullanılan kumaşların ve ipliklerin özellikleri

Kumaş No	Kumaş Cinsi	İplik Özellikleri				
		Cinsi		Denye / Filamant	Kesit Cinsi	Kesit Şekli
1	Yuvarlak örme	Polyester	FDY	150 f 48	Standart	yuvarlak
2	Yuvarlak örme	Polyester	FDY	150 f 48	Hollow	yuvarlak
3	Yuvarlak örme	Polyester	Hava tekstüre	150 f 48	Standart	yuvarlak
4	Yuvarlak örme	Polyester	Hava tekstüre	150 f 48	Hollow	yuvarlak

### 3.1.2. Kullanılan Dispers Boyarmaddeler

Çalışmada küçük, orta ve büyük molekülü dispers boyarmaddeler kullanılmıştır. Kullanılan dispers boyarmaddeler ve özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Seçilen boyarmaddeler Setaş Kimya’nın Bursa Temsilciliğinden temin edilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Deneylede kullanılan boyarmaddeler ve özellikleri

Boyarmadde Adı	Kimyasal Yapı	Molekül Yapısı	Maksimum Absorbsiyon Dalgaboyu (nm)	CI
Setapers Blue FBL	Azo	Küçük Moleküllü	550	Disperse Blue 56
Setapers Blue PBGL	Azo	Orta Moleküllü	535	Disperse Blue 73
Setapers Blue PBL	Azo	Büyük Moleküllü	525	Disperse Blue 79



### **3.1.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler**

#### **3.1.3.1. Boyamada Kullanılan Kimyasal Maddeler**

- Rucogal SBM: Polyester boyamada dispergator ve egalizator olarak kullanılan, aromatik karboksilli asit bileşigi, poliakrilat ve etoksile yağ asidi karışımı, anyonik madde. Boyamada kullanılan bu kimyasal ticari saflıkta olup Rudolf-Duraner firmasından temin edilmiştir.

- Asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ): %80 'lik ticari saflıkta asit.

#### **3.1.3.2. İndirgen Yıkamada Kullanılan Kimyasal Maddeler**

- Hidrosülfid ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ): Ticari saflıkta, toz indirgen madde.
- Sodyum Hidroksit ( $\text{NaOH}$ ): Ticari saflıkta, 38 °Bé sıvı kostik.
- Rucogen DOA (Rudolf-Duraner): Boyama ve baskı sonu yıkamalarında kullanılan, etoksile yağ alkolü ve esterler karışımı noniyonik yıkama maddesi.

### **3.1.4. Kullanılan Aletler ve Cihazlar**

#### **3.1.4.1. Mettler PM480 Hassas Terazı**

Korteks A.Ş. Tekstil Laboratuari'nda bulunan Mettler PM480 marka hassas elektronik terazi (0.000 g) ile boyama deneyleri için kullanılan kumaşların ağırlık tartımları yapılmıştır. Deneylerde kullanılan boyarmaddelerin ve kimyasalların ağırlık tartımları Nil-Ba Tekstil Laboratuari'na ait Sartorius VLBL210S marka hassas elektronik terazi (0.000 g) ile yapılmıştır.

#### **3.1.4.2. DyeTech Numune Boyama Makinesi**

Polyester kumaşların boyama işlemleri Nil-Ba Tekstil A. Ş.'nin boyama laboratuvarında bulunan 12 tüplü, mikroprosesör kontrollü DyeTech marka numune boyama makinesinde yapılmıştır.

#### **3.1.4.3. Datacolor SF600X Reflektans Spektrofotometresi**

Korteks A.Ş Masterbatch Laboratuvarı'nda bulunan Datacolor SF600X Reflektans Spektrofotometresi ile, standart ve hollow polyester iplikten elde edilen ve boyama diyagramında belirlenen 6 noktadan alınan kumaşların renk ölçümleri yapılmıştır.

#### **3.1.4.4. Agilent 8453 UV-visible Transmittans Spektrofotometresi**

Korteks A.Ş Kimya Laboratuvarı'nda bulunan Agilent 8453 UV-visible transmittans spektrofotometresi ile belirlenen 6 boyama adımından alınan boyama çözeltilerinin transmittans ve absorbans ölçümleri yapılmıştır.

#### **3.1.4.5. Cyberscan PH-LON 510 pH Metre**

Nil-Ba Tekstil laboratuvarında bulunan Cyberscan PH-LON 510 marka pH metre ile boya banyosunun pH ayarı yapılmıştır.

#### **3.1.4.6. Projectina Cihazı**

Korteks A.Ş. Tekstil Laboratuvarında bulunan Projectina cihazı ile liflerin enine kesit fotoğrafları çekilmiştir.

### **3.2. Yöntem**

#### **3.2.1. Boyama Yöntemi**

Boyama deneylerinde aşağıda verilen reçete kullanılmıştır:

Boyama reçetesi:

% 1 ve %2 Dispers boyarmadde

0.5 g/L Rucogal SBM

x g/L Asetik asit (pH: 4.5-5)

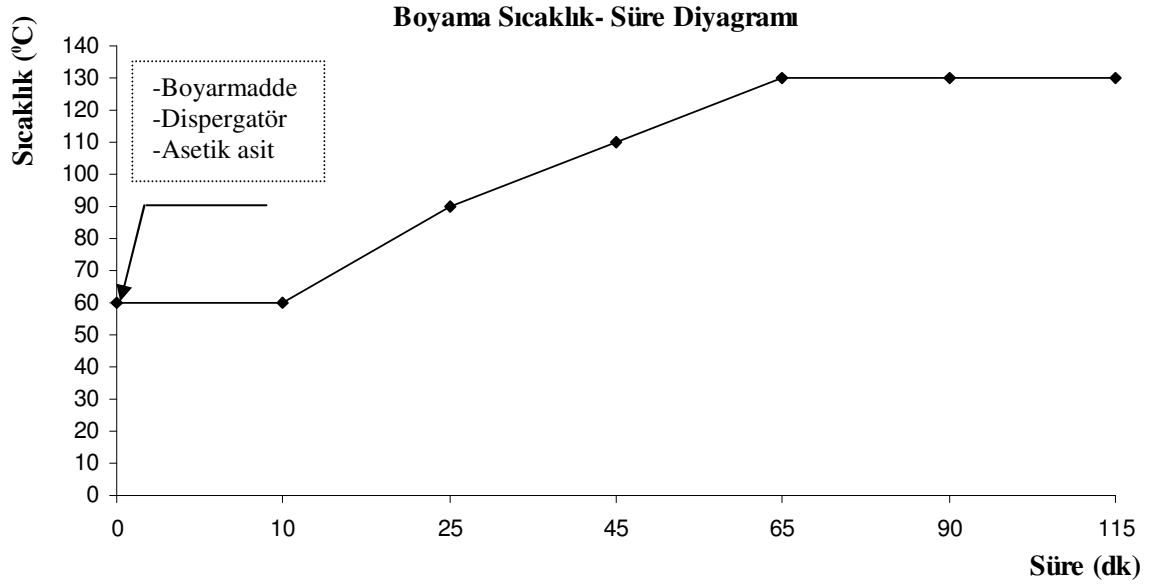
Seçilen polyester boyama yardımcı kimyasallarının kullanılan miktarları üretici firması tarafından önerilen miktarlardır.

Yapılan boyamalarda her bir kumaş numunesi boyama deneyleri için Mettler PM480 hassas terazi ile  $5.000 \pm 0.002$  g olarak tartılmıştır.

Kullanılan boyarmaddelerin 1/100'lük stok çözeltileri hazırlanarak boyamalarda gerekli olan miktar bu stok çözeltileri içinden otomatik pipetleme aleti ile alınmıştır. Boya banyosunun pH ayarı 4,5-5 olacak şekilde pH metre ile ayarlanmıştır.

Kullanılan laboratuvar numune boyama makinesinin boyama tüpü kapasitesine bağlı olarak boyamalarda kullanılan banyo oranı 10:1'dir. 5 g'lık kumaş numuneleri 50 mL boyama çözeltisi içinde boyanmıştır.

Çalışmanın ana amaçlarından birisi de standart ve içi boş liflerin boya çekim hızlarını karşılaştırmak olduğundan, bu amacı gerçekleştirmek için özel bir boyama yöntemi kullanılmıştır. Boyamada kullanılan yöntem Şekil 3.1'de görülmektedir.



**Şekil 3.1.** Boyamalarda kullanılan sıcaklık-süre diyagramı

Boyama diyagramında görülen noktalar 0, 10, 25, 45, 65, 90 ve 115 dakikalık boyama sürelerine karşılık gelmekte olup, her adımda boyama makinesi durdurularak bir tüp alınmış ve boyamaya devam edilmiştir. Belirlenen bir sonraki adıma gelince tekrar makine açılıp yeni bir tüp daha alınmak suretiyle bu işlem 115 dakikalık boyama süresi tamamlanana kadar tekrarlanmıştır. Boyama çözeltilerinden çıkarılan kumaşlar önce soğuk

su ile durulanmış ve daha sonra aşağıdaki reçeteye göre indirgen (redüktif) yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Her boyama işlemi farklı zamanlarda olmak üzere iki defa tekrarlanarak ortalaması alınmıştır.

Boyama işlemleri %1 ve %2'lik boyarmadde konsantrasyonları kullanılarak, 130 °C'de yapılmıştır.

İndirgen Yıkama Reçetesi:

3 g/L Hidrosülfid

1 g/L Sabun (Rucogen DOA)

3 ml/L Kostik (38 °Bé)

İndirgen yıkamalar 80°C'de 20 dakika süreyle beher içinde karıştırılarak yapılmıştır. İndirgen yıkaması yapılan kumaşlar 50°C'de 0,5 g/l asetik asit çözeltisinde nötralize edildikten sonra soğuk su ile durulanıp kendi halinde kurmaya bırakılmıştır.

### 3.2.2. Renk Ölçüm Yöntemleri

Kumaş renk ölçümleri için Datacolor SF600X Reflektans Spektrofotometresi'nde Color Tools V.3.1 Renk Ölçüm Programı ile ilk önce cihazın siyah-beyaz kalibrasyonu yapılmış, daha sonra renk ölçümleri 10°'lik gözlemci açısı ile D65 ışık altında 400-700 nm dalga boyu aralığında yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Her kumaş numunesinin ön yüzünün 3 farklı bölgesinden reflektans ölçümü alınarak bu ölçümlerin ortalaması program tarafından alınıp sonuçlar elde edilmiştir. 6 boyama adımından alınan standart ve içi boş kumaş numunelerinden renk ölçümü yapılmıştır.

Boyama çözeltisinin renk ölçümleri için Agilent 8453 Transmittans Spektrofotometresi'nde UV –visible Chemstation Ver.A.09.01 Programı ile ilk önce destile su ile cihazın kalibrasyonu yapılmış, daha sonra 400-700 nm dalga boyu aralığında transmittans ve absorbans ölçümleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. %Transmittans ölçümleri 20~80 ±10 değer aralığında olacak şekilde seyreltilerek yapılmıştır. %Transmittans değeri olarak maksimum dalga boyundaki değer, absorbans değeri olarak minimum dalga boyundaki değer alınmıştır.

Bu şekilde standart ve içi boş liflerden elde edilen kumaşların boya çekim hızı ve renk verimi tespit edilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

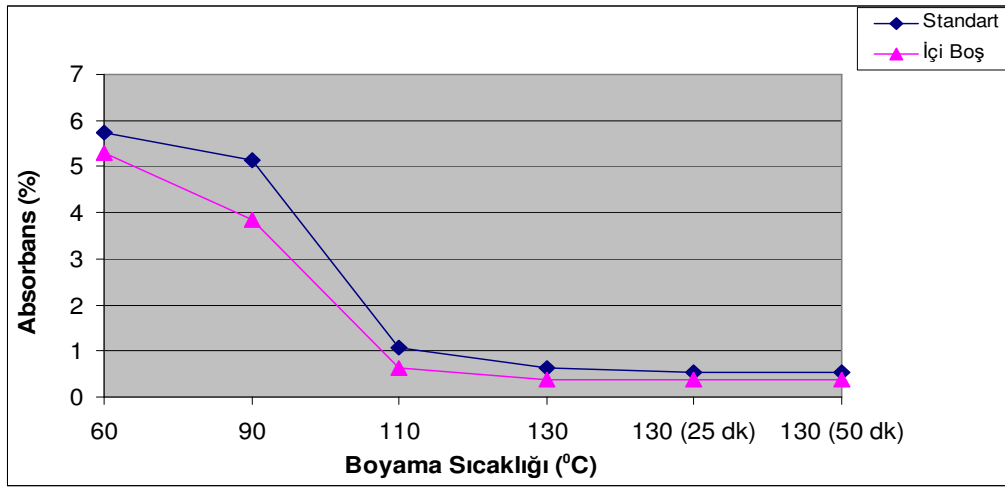
Bu bölümde; çalışmada elde edilen test ve ölçüm sonuçları grafikler ve tablolar halinde düzenlenerek verilmiştir.

##### 4.1. Standart ve İçi Boş Liflerin Boya Çekim Hızlarının Karşılaştırılması

Standart ve İçi boş liflerin boya çekim hızlarının karşılaştırılması ve boyarmadde molekül büyüklüğünün boya çekimine etkisinin olup olmadığı konusunun araştırılması için 6 farklı boyama adımından alınan çözeltilerin absorbans değerleri ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.1.1.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

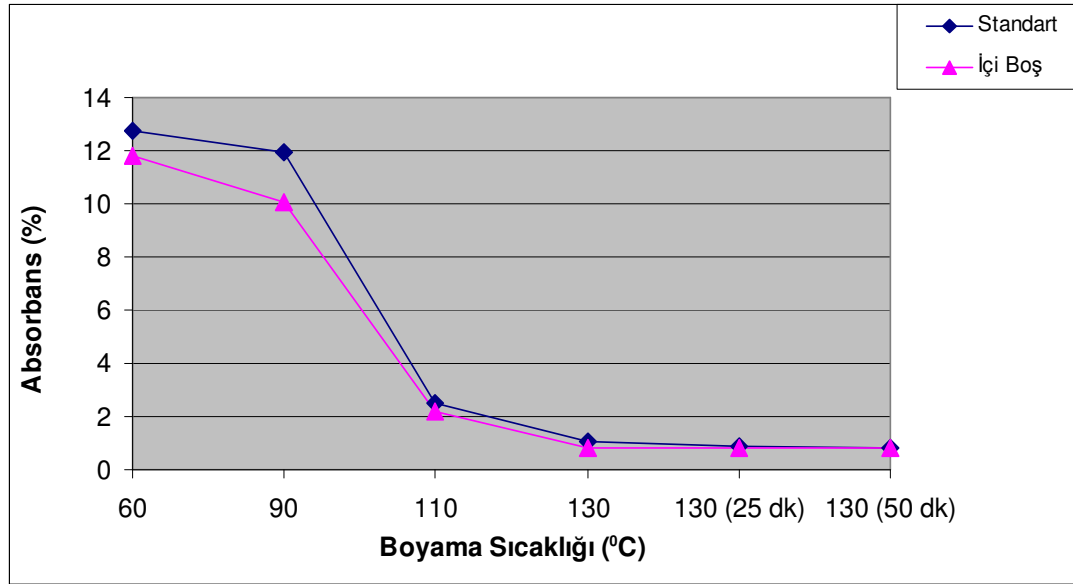
Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 56	1%	1	60	10	5,73	5,30
			2	90	25	5,13	3,86
			3	110	45	1,08	0,63
			4	130	65	0,63	0,39
			5	130 (25 dk)	90	0,55	0,38
			6	130 (50 dk)	115	0,53	0,39



**Şekil 4.1.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.1.2.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

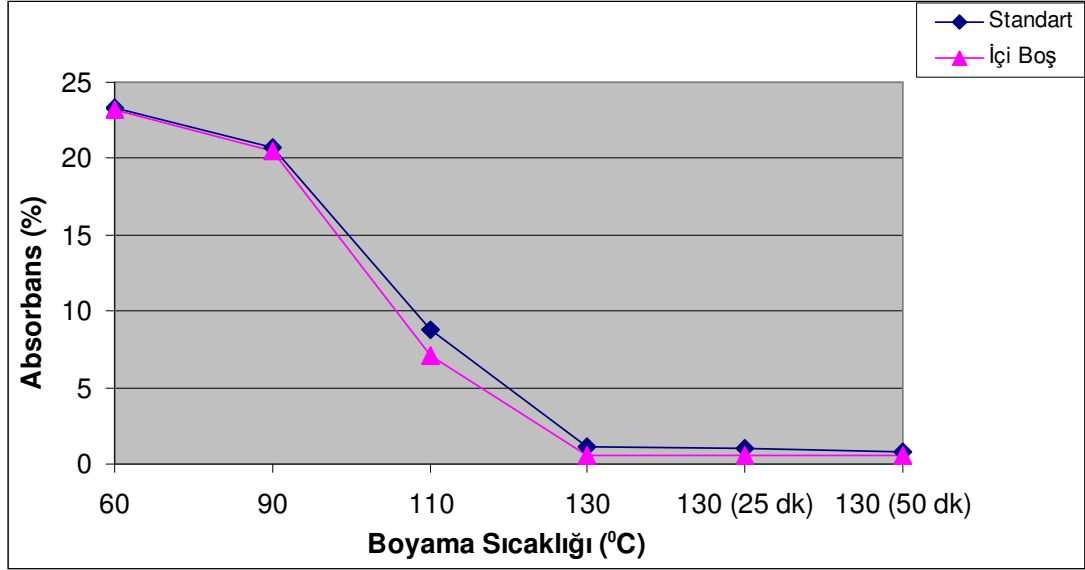
Materyal	Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 56	2%	1	60	10	12,74	11,80
			2	90	25	11,96	10,04
			3	110	45	2,50	2,19
			4	130	65	1,08	0,84
			5	130 (25 dk)	90	0,91	0,80
			6	130 (50 dk)	115	0,81	0,78



**Şekil 4.2.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.1.3.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

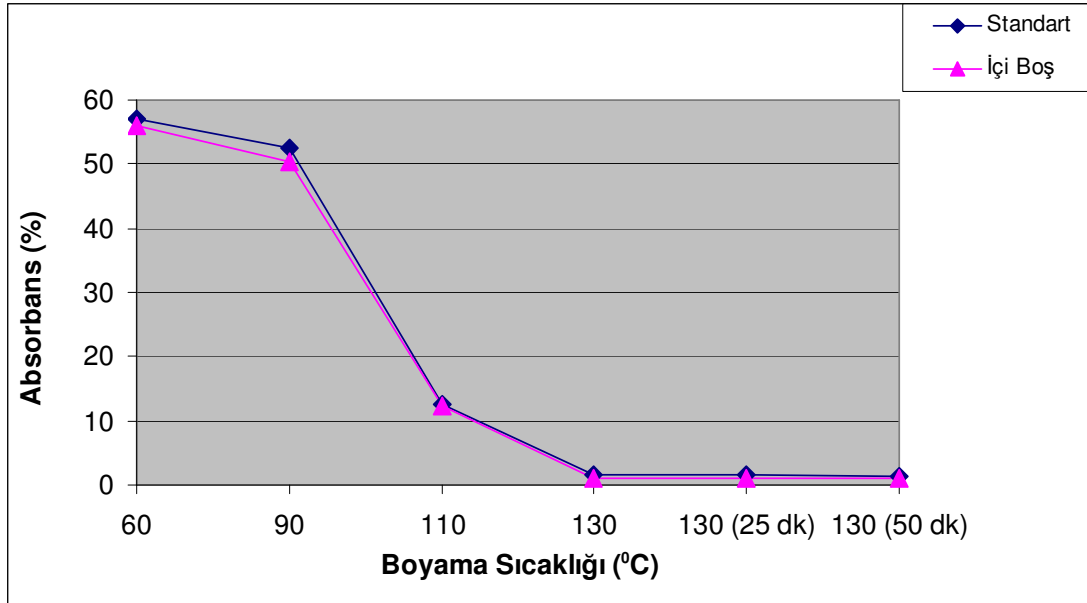
Materyal	Boyarmadde	Konsan- trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 73	1%	1	60	10	23,30	23,21
			2	90	25	20,75	20,51
			3	110	45	8,78	7,13
			4	130	65	1,16	0,61
			5	130 (25 dk)	90	1,03	0,56
			6	130 (50 dk)	115	0,77	0,61



**Şekil 4.3.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.1.4.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Materyal	Boyarmadde	Konsan- trasyon	Boyama adımları	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 73	2%	1	60	10	57,06	56,04
			2	90	25	52,62	50,35
			3	110	45	12,72	12,22
			4	130	65	1,58	1,01
			5	130 (25 dk)	90	1,52	1,04
			6	130 (50 dk)	115	1,29	1,04

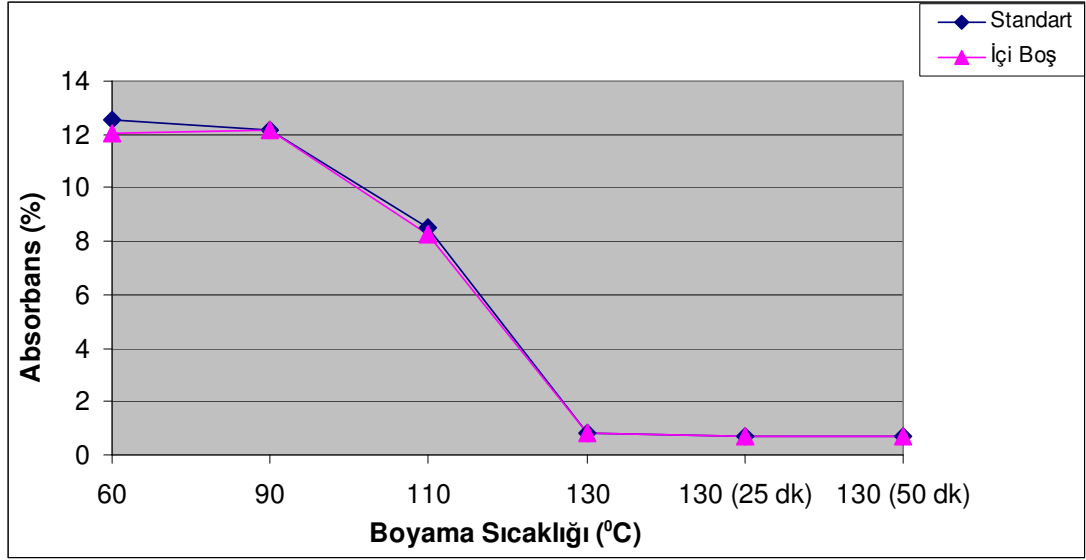


**Şekil 4.4.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)



**Çizelge 4.1.5.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

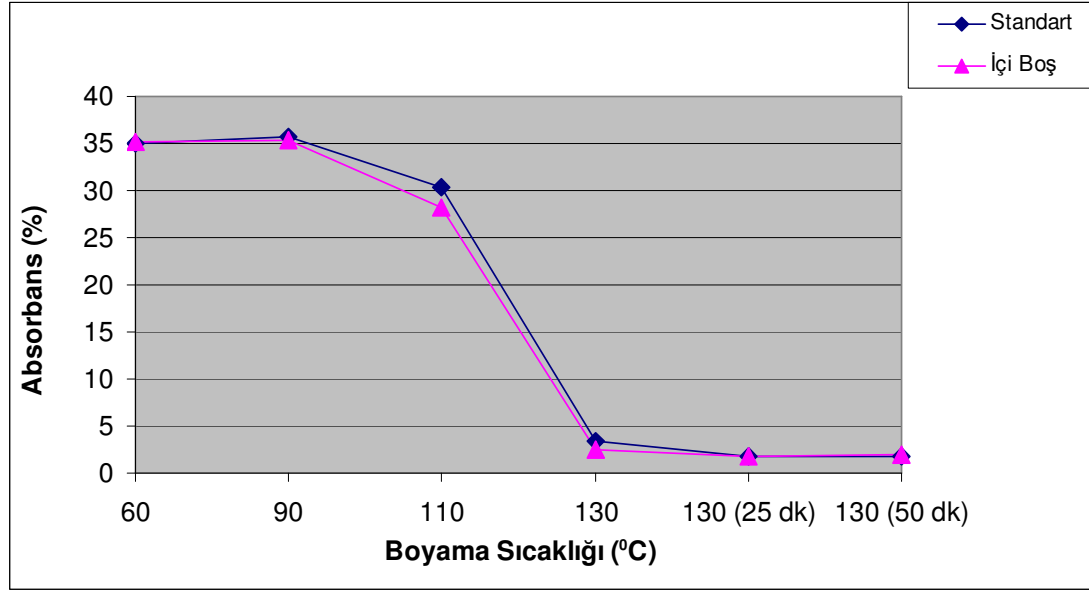
Materyal	Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 79	1%	1	60	10	12,54	12,05
			2	90	25	12,17	12,17
			3	110	45	8,54	8,27
			4	130	65	0,84	0,84
			5	130 (25 dk)	90	0,70	0,70
			6	130 (50 dk)	115	0,68	0,67



**Şekil 4.5.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.1.6.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 79	2%	1	60	10	34,97	35,16
			2	90	25	35,72	35,36
			3	110	45	30,37	28,14
			4	130	65	3,36	2,47
			5	130 (25 dk)	90	1,87	1,80
			6	130 (50 dk)	115	1,77	1,90



**Şekil 4.6.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 ile Şekil 4.1 ve 4.2'deki değerlerde açıkça görüldüğü gibi, standart ve içi boş liflerin özellikle %1'lik konsantrasyonda olmak üzere küçük moleküllü boyarmaddeleri banyodan çekim hızları arasında belirgin bir farklılık vardır. Absorbans eğrilerinde daha düşük olan bir değer, boyama banyosunda daha az boyarmadde kaldığını, başka bir deyişle banyodan daha fazla boyarmaddenin çekildiğini gösterir. Başlangıçtan (60 °C'den) itibaren içi boş liflerin standart olanlara göre daha erken ve hızlı

boyarmadde çekimine başladığı ve özellikle 90 °C'den sonra içi boş liflerdeki çekim hızının daha belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Ancak boyama süresi ilerledikçe boya çekim oranlarındaki fark azalmaktadır. Bununla beraber, küçük molekülü boyarmaddelerin 90 ile 110 °C arasındaki çekim hızları her iki lif için de maksimum seviyede olmaktadır.

Orta molekülü boyarmaddelerin standart ve içi boş PET lifleri tarafından çekim hızları genel olarak birbirine paralellik göstermektedir. 130 °C'ye gelindiği zaman banyodaki boyarmadde çekimi büyük oranda dengeye ulaşmaktadır. Her iki lif için de çekim hızı 90 ile 110 °C arasında en yüksek seviyede olmakla beraber 130 °C sıcaklığa ulaşıncaya kadar çekim hızı yüksek seyretmektedir. Ancak 130 °C'de boyarmadde çekiminin hem %1'lik hem de %2'lik boyamalar için dengeye ulaştığı görülmektedir.

Büyük molekülü boyarmaddelerde ise her iki lif için de 110 °C'den 130 °C sıcaklığa ulaşıncaya kadar boya çekim hızı yüksek seviyede olmaktadır. %1'lik boyamada 130 °C'ye ulaşıldığında çekimin her iki lif içinde dengeye ulaştığı görülürken, %2'lik boyamada bir süre daha çekim devam etmektedir.

Küçük ve orta molekülü dispers boyarmaddelerin PET lifleri tarafından belirgin bir hızla alınmaya başlaması 90 °C'den sonra başladığı halde, büyük molekülülerde 110 °C'den sonra alınma hızlanmaktadır. Bu durum, 90 °C civarında lif yapısında meydana gelen açılmanın büyük molekülü dispers boyarmaddeler için yetersiz olduğunu göstermektedir.

İçi boş liflerin orta ve büyük molekülü boyarmaddeleri çekim hızı, küçük molekülü boyarmaddeleri çekim hızındaki kadar belirgin olmamakla birlikte standart liflerden bir miktar daha yüksektir.

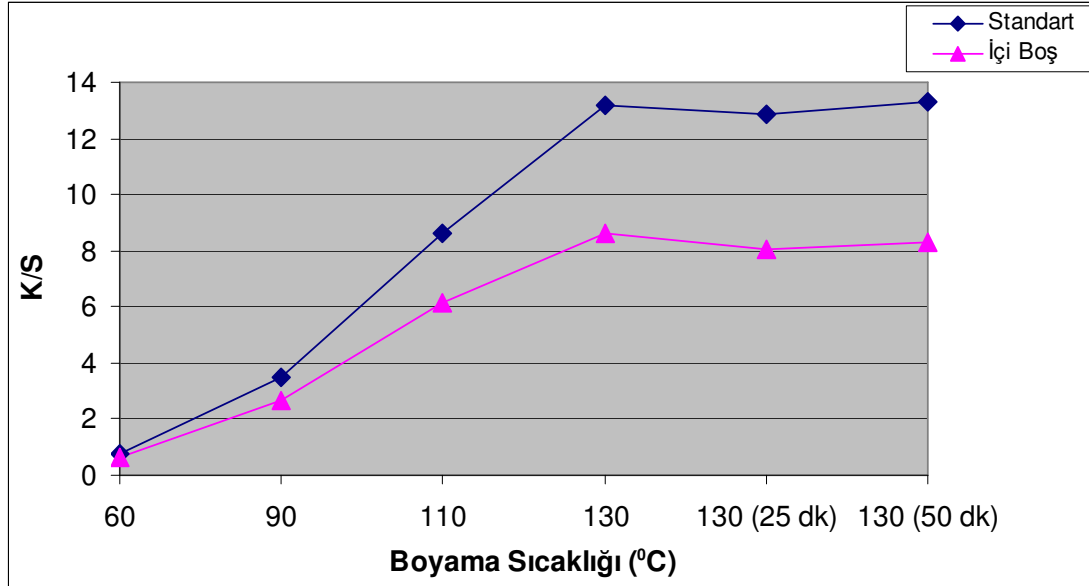
Ek-1.1'deki varyans analiz sonuçlarına göre absorpsiyon değerleri üzerine lifin etkisinin olmadığı, boyarmadde cinsinin ve konsantrasyonun etkili olduğu görülmektedir. Standart ve içi boş liflerin banyodan boya çekim hızları arasında önemli bir farkın olmadığını istatistiksel sonuçlarda ortaya koymuştur.

#### 4.2. Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Kuvvetlerinin (K/S) Karşılaştırılması

Standart ve İçi boş liflerin renk kuvvetlerinin incelenmesi ve boyarmadde molekül büyüklüğünün renk kuvveti üzerine etkisinin olup olmadığı konusunun araştırılması için 6 farklı boyama adımından alınan kumaş numunelerinin renk kuvveti (K/S) değerleri ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.2.1.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

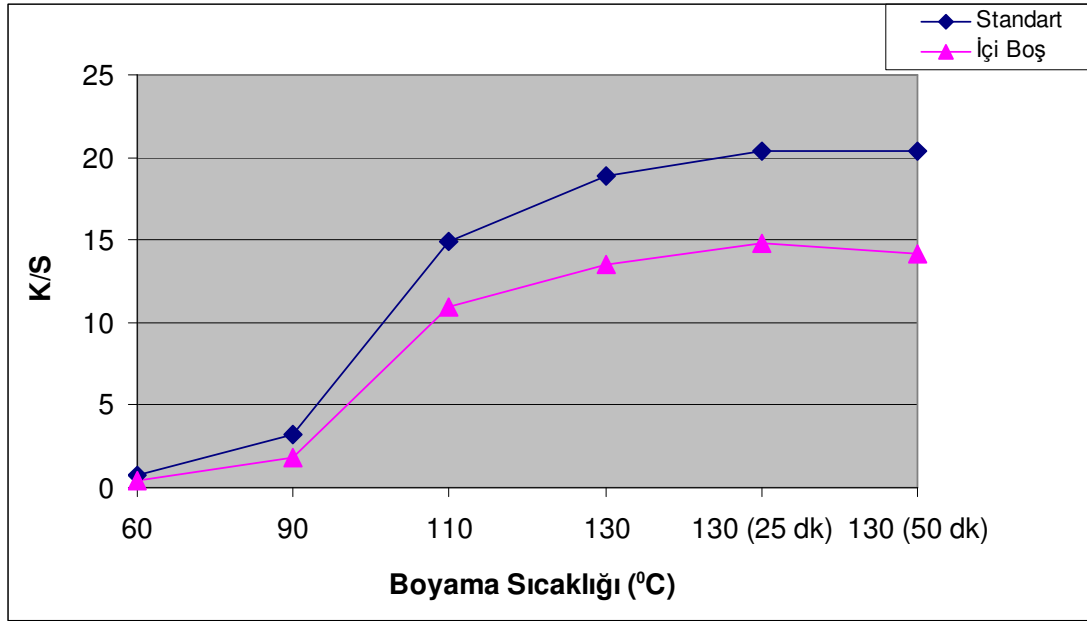
Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 56	1%	1	60	10	0,78	0,66
			2	90	25	3,49	2,67
			3	110	45	8,60	6,15
			4	130	65	13,15	8,60
			5	130 (25 dk)	90	12,85	8,05
			6	130 (50 dk)	115	13,30	8,33



**Şekil 4.7.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.2.2.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

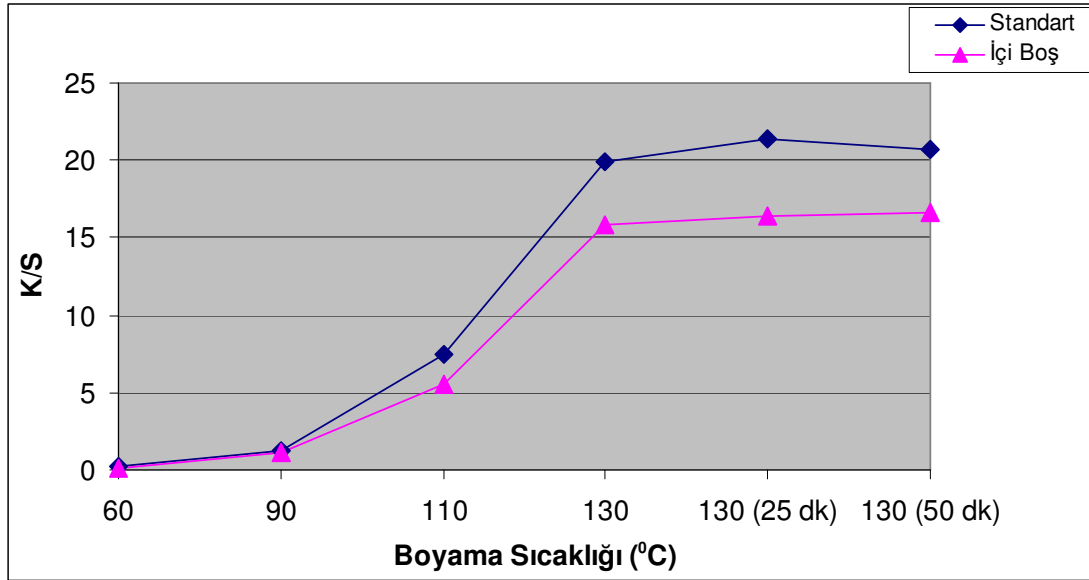
Materyal	Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 56	2%	1	60	10	0,73	0,39
			2	90	25	3,18	1,81
			3	110	45	14,95	10,90
			4	130	65	18,90	13,50
			5	130 (25 dk)	90	20,35	14,80
			6	130 (50 dk)	115	20,35	14,20



**Şekil 4.8.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.2.3.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

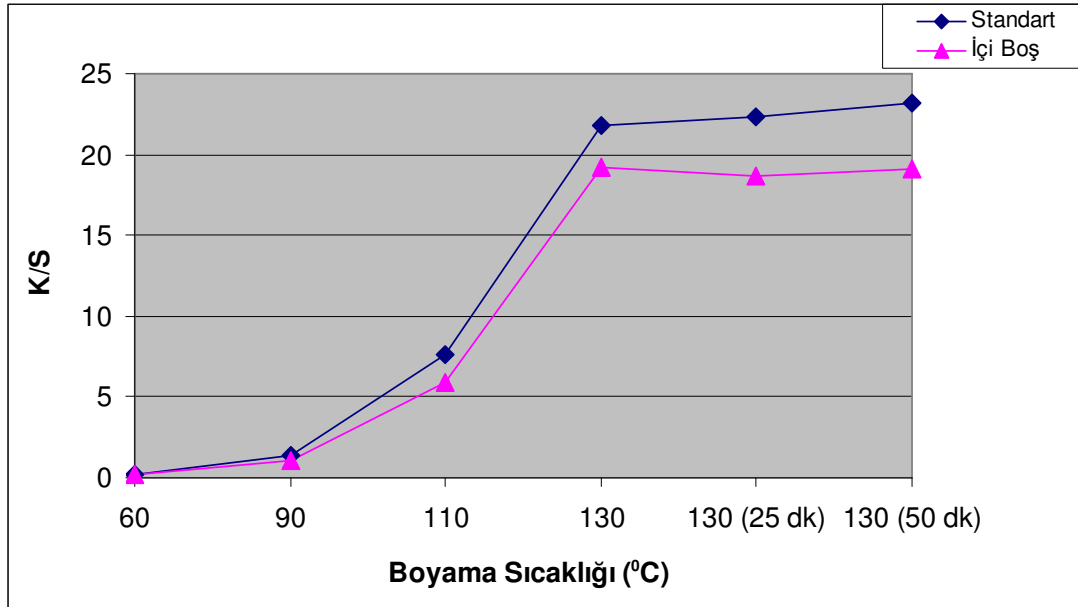
Materyal	Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 73	1%	1	60	10	0,18	0,14
			2	90	25	1,27	1,09
			3	110	45	7,50	5,55
			4	130	65	19,90	15,80
			5	130 (25 dk)	90	21,38	16,45
			6	130 (50 dk)	115	20,70	16,65



**Şekil 4.9.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.2.4.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

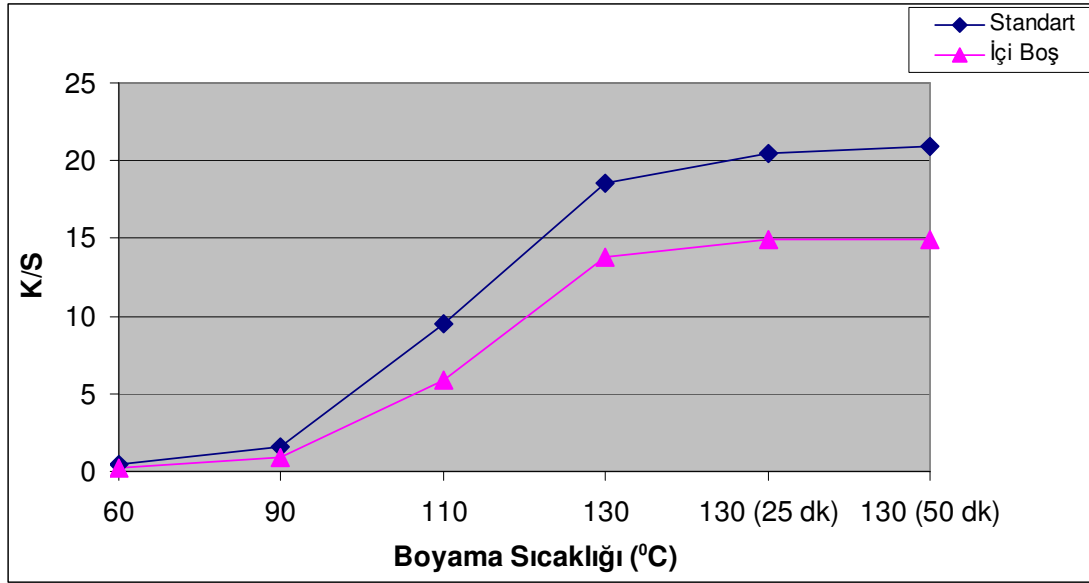
Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 73	2%	1	60	10	0,24	0,22
			2	90	25	1,36	1,12
			3	110	45	7,65	5,90
			4	130	65	21,80	19,20
			5	130 (25 dk)	90	22,30	18,65
			6	130 (50 dk)	115	23,20	19,05



**Şekil 4.10.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.2.5.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

Materyal	Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 79	1%	1	60	10	0,44	0,28
			2	90	25	1,55	0,96
			3	110	45	9,45	5,93
			4	130	65	18,58	13,80
			5	130 (25 dk)	90	20,45	14,90
			6	130 (50 dk)	115	20,90	14,95

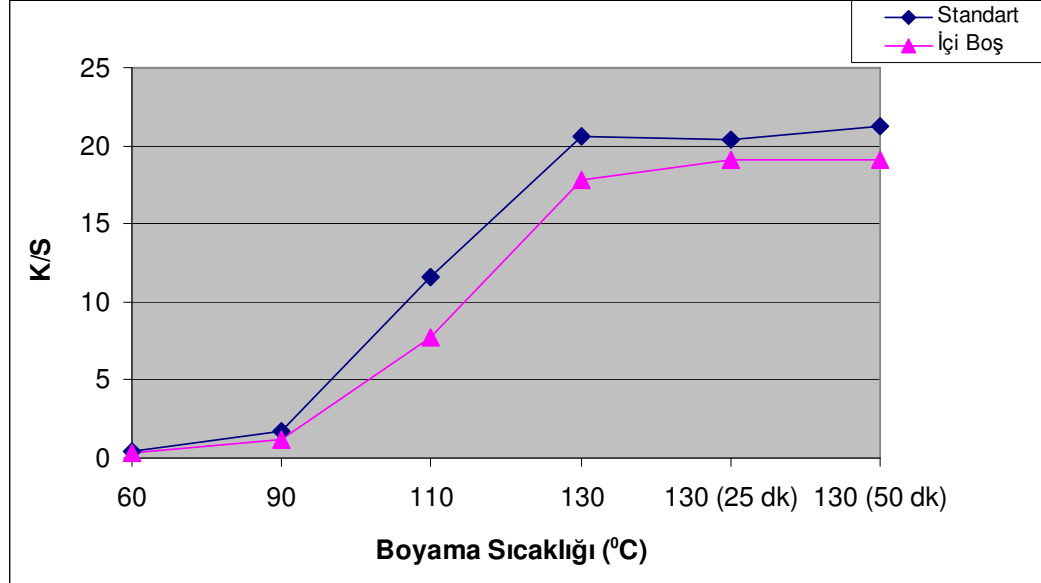


**Şekil 4.11.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)



**Çizelge 4.2.6.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S	
						Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 79	2%	1	60	10	0,41	0,30
			2	90	25	1,68	1,13
			3	110	45	11,60	7,75
			4	130	65	20,65	17,80
			5	130 (25 dk)	90	20,43	19,10
			6	130 (50 dk)	115	21,20	19,05



**Şekil 4.12.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

İçi boş lifler ile standart liflerin banyodan boya alma oranları arasında önemli bir fark olmamasına karşın içi boş liflerin renk kuvvetinin (K/S) daha düşük olduğu Şekil 4.7. , 4.8, 4.9., 4.10., 4.11. ve 4.12.'de açıkça görülmektedir.

130 °C'de 50 dakika yapılan bitmiş boyama sonuçlarına göre; küçük moleküllü dispers boyarmadde ile boyanan numunelerde standart lifler içi boş liflere göre % 1 ve % 2

boyarmadde konsantrasyonlarında sırayla % 60 ve % 43 oranında daha koyu boyanmışlardır. %1 ve %2'lik boyama sonuçlarına ait K/S değerleri incelendiği zaman standart liflerde %1'lik boyamalarda ortalama 13.30 olan renk kuvveti değeri elde edilirken içi boş liflerde ise % 2'lik konsantrasyonlarda 14.20'lik K/S değerine ancak ulaşılabilirdiği görülmektedir. Gözle yapılan incelemede, bu numunelerin yaklaşık renk koyuluğuna sahip olduğu görülmektedir. Buradan küçük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyamalarda aynı renk koyuluğunu elde edebilmek için standart liflere göre içi boş liflerde yaklaşık iki kat daha fazla boyarmadde kullanılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Orta büyüklükte moleküle sahip dispers boyarmaddelerle 130 °C'de 50 dakika boyanan numuneler arasındaki renk kuvveti (K/S) değerleri karşılaştırıldığında % 1'lik ve % 2'lik boyamalarda sırayla standart liflerin % 24 ve % 22 oranında daha koyu olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı karşılaştırmaya göre büyük molekülü boyarmaddelerle boyanan numunelerden standart liflerin % 1 ve % 2'lik boyamalarda sırayla % 40 ve % 11 daha koyu olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar belli bir boyarmadde konsantrasyonu ile aynı şartlarda boyanan standart ve içi boş PET liflerinden standart liflerin küçük, orta ve büyük molekülü boyarmaddelerin tümüyle daha koyu boyandığını, ancak küçük molekülü boyarmaddelerde aradaki farkın çok yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca her bir boyarmaddenin kendi içinde konsantrasyonu arttıkça renk kuvveti farkının değişen oranlarda azaldığı da ortaya çıkmaktadır.

Aradaki renk farklılığı içi boş liflerin fizyolojik yapısı ile ilgili olabilir. Bu sonuç; içi boş liflerin standart liflere göre yüzey alanının % 60 oranında daha fazla olması ve boyarmaddenin lifin iç yüzeylerine kadar nüfuz ederek lifin tüm kesit alanına yayılması ile daha homojen bir dağılımın elde edilmesi ve lif yüzeyine yakın bölgelerdeki boyarmadde molekül yoğunluğunun standart liflere göre daha az olması ile açıklanabilir. Boyama adımlarından alınan çözeltilerin absorban değerleri, kumaş yüzeyinden ölçülen renk kuvveti (K/S) değerleri ve boyalı liflerin enine kesit görünümüleri bu sonucu desteklemektedir. Boyalı standart liflerin enine kesit alanı incelendiğinde boyarmadde moleküllerinin dış yüzey üzerinde yoğunlaştığı ve iç kısımlara kadar aynı konsantrasyonda nüfuz edemediği gözlenmektedir. İçi boş liflerin kesit görünümünde ise boyarmadde

molekülleri lifin iç kısımlarına kadar absorblandığı ve lifin tüm enine kesit alanının aynı görünümüne sahip olduğu görülmektedir.

Renk kuvveti farkının açıklanmasında bir başka yaklaşım, Çizelge 4.5.1, 4.5.2 ve 4.5.3.'te görüldüğü gibi beyaz ve boyalı yüzeylerinden yapılan renk ölçüm sonuçlarında standart ve içi boş liflerin parlaklık (brightness), L (açıklık-koyuluk) ve % reflektans değerleri arasında belirgin bir şekilde fark olduğu görülebilmektedir. İçi boş liflerden elde edilen yüzeyin parlaklığı standart liflerden elde edilen yüzeye göre önemli oranda daha yüksektir. Bu parlaklık farkı, liflerin hemen hemen aynı oranda boya almasına karşılık içi boş liflerin daha açık görünmesine kısmen etkisinin olduğunu açıklamaktadır.

Konsantrasyon artışıyla absorbans değerleri arasında önemli bir farkın olmayışı yani boya alma miktarları arasında dikkate değer bir farkın olmamasına karşın konsantrasyon artışıyla standart ile içi boş liflerin renk kuvvetleri (K/S) arasındaki farkın düştüğü görülmüştür. Bu durum boyarmadde konsantrasyonu arttıkça standart lifin doygunluğa ulaşmaya doğru ilerlemesi ve dolayısıyla renk kuvvetindeki artışın yavaşlaması ile açıklanabilir.

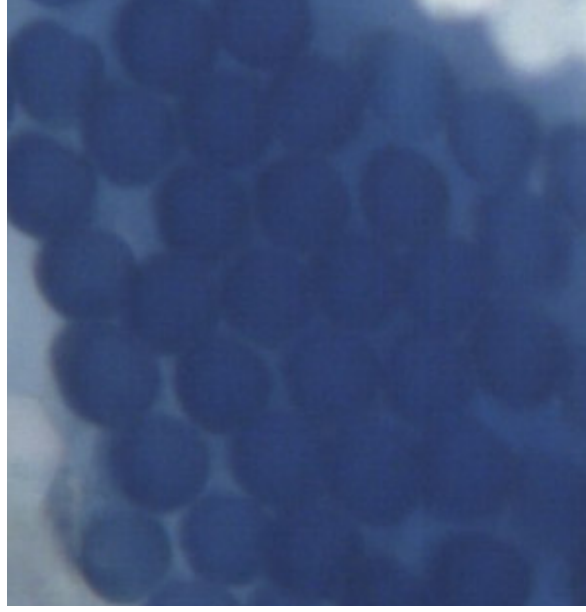
Küçük moleküllü boyarmaddelerle yapılan boyamalarda boya alma farkı ve renk kuvveti farkı daha yüksek olmaktadır. Bu durum, küçük moleküllü boyarmaddelerin sahip olduğu yüksek difüzyon hızları nedeniyle içi boş lifler tarafından daha hızlı alındığını, içi kısımlara daha fazla difüze olarak yüzeyde daha az boyarmaddenin kaldığını ve sonuçta renk farkının büyük olduğunu göstermektedir. Ayrıca çizelge 4.5.2'de görüldüğü gibi küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyamalarda parlaklık farkı daha yüksektir. Bu sonuç da parlaklığın renk farklarının oluşması üzerine katkı yaptığını göstermektedir.

Ek-1.1.'deki varyans analiz sonuçlarına göre renk kuvveti üzerine lif yapısının, boyarmadde cinsinin ve konsantrasyonun etkili olduğu görülmektedir.

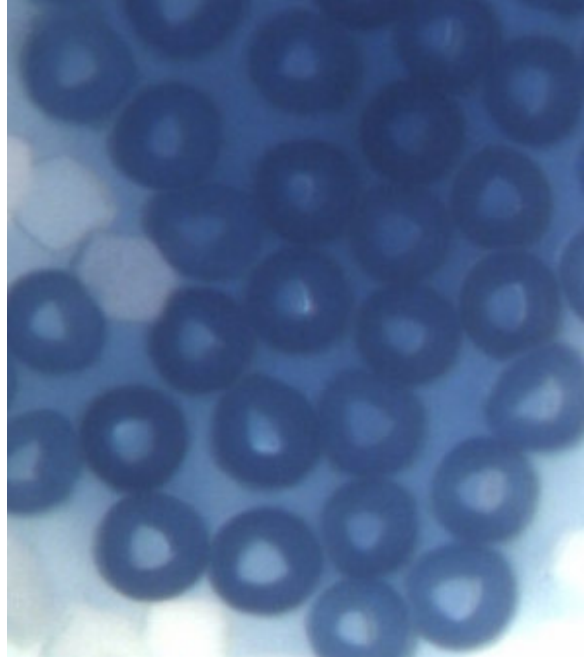
### **4.3. Boyarmaddelerin Standart ve İçi Boş Liflerin İçine İşleme Durumunun Karşılaştırılması**

Şekil 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. ve 4.6.'daki absorbans grafiklerinde görüldüğü gibi, standart ve içi boş PET liflerinin boyarmadde çekim oranında önemli bir farkın olmamasına karşın içi boş liflerin renk kuvvetinin (K/S) daha düşük olması boyarmadde

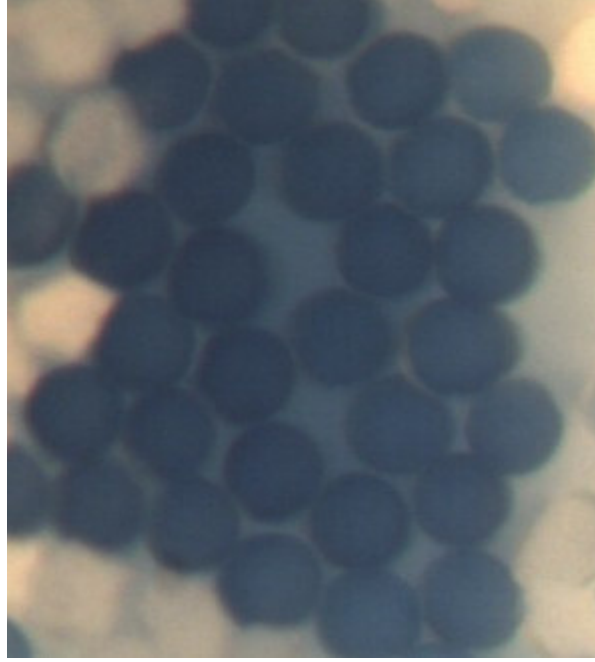
penetrasyonunun her iki lif gurubunda farklı olabileceğini düşündürmüştür. Bu varsayımın ne derece doğru olduğunu ispatlamak için her çalışma gurubunu temsilen alınan lif örneklerinin enine kesitleri hazırlanarak mikroskopik resimleri çekilmiştir. Bu resimler Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 ve 4,18’de görülmektedir.



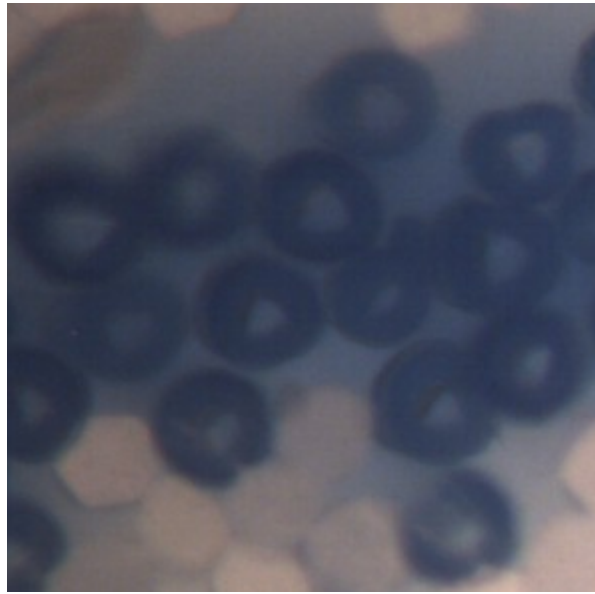
**Şekil 4.13.** Küçük moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli



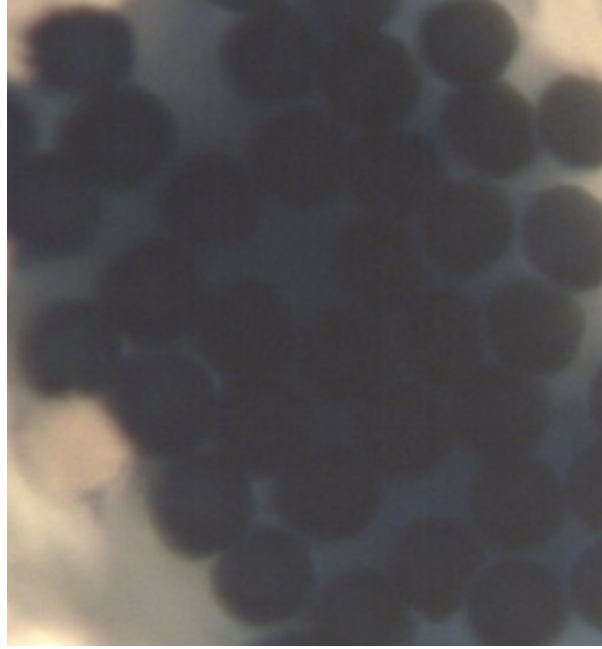
**Şekil 4.14.** Küçük moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli



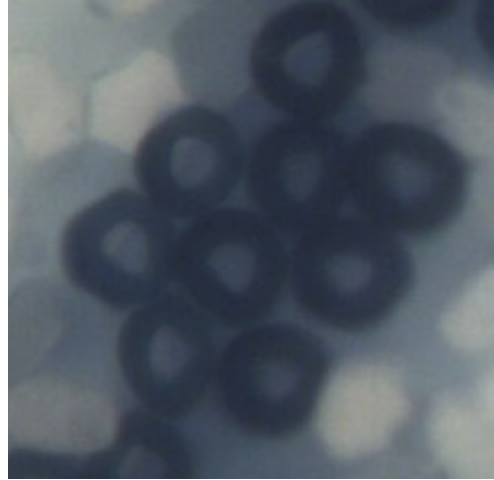
**Şekil 4.15.** Orta moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli



**Şekil 4.16.** Orta moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli



**Şekil 4.17.** Büyük moleküllü boya ile boyanmış standart polyester lifinin enine kesit şekli



**Şekil 4.18.** Büyük moleküllü boya ile boyanmış içi boş polyester lifinin enine kesit şekli

Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 ve 4,18’de liflerin enine kesit resimlerinden, standart liflerde boyarmaddenin lifin dış yüzeyine yakın bölgelerde daha fazla yoğunlaştığı,

buna karşılık içi boş liflerde ise boyarmaddenin iç yüzeylere kadar daha homojen bir şekilde nüfuz ettiği görülmektedir. Standart liflerin boyanma karakteristiği olan ve ring boyama olarak bilinen bu durum, aynı zamanda boyamada standart liflerin aynı oranda boyarmadde almasına karşılık içi boş liflere göre daha koyu görünmesinin nedenini de açıklamaktadır.

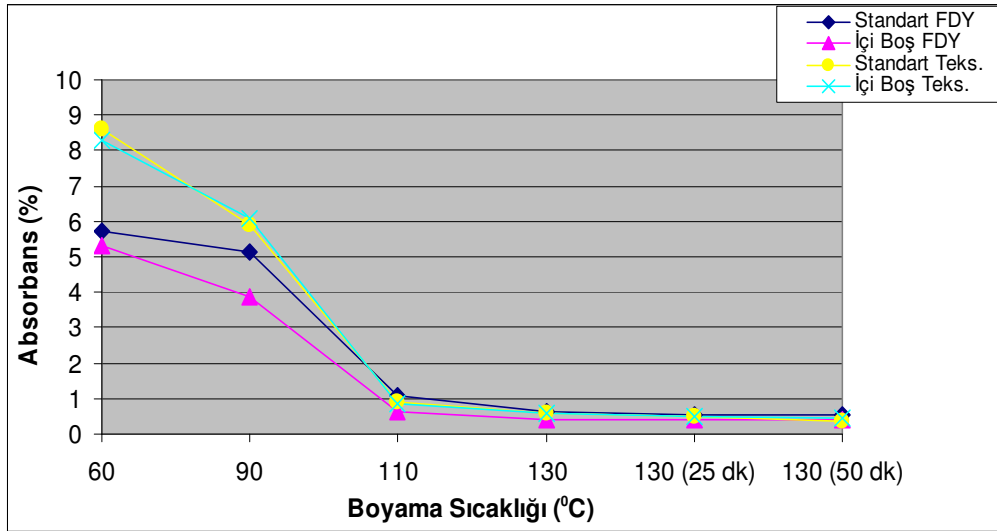
Ayrıca renk kuvvetinin belirgin bir şekilde farklı olmasında her iki lifin fizyolojik yapısının farklı olması nedeniyle ışığı yansıtma farkının katkısının da olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çizelge 4.5.1'deki değerlerden anlaşılacağı gibi içi boş liflerin parlaklığının belirgin bir şekilde yüksek olması açık görünmesinde etkili olduğunu düşündürmektedir .

#### 4.4. Tekstüre İşleminin Standart ve İçi Boş Liflerin Boyanma Özellikleri Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması

Hava Tekstüre işleminin standart ve içi boş liflerin boya çekim hızı ve renk kuvvetine (K/S) etkisinin incelenmesi ve boyarmadde molekül büyüklüğünün boya çekim hızı ve renk kuvveti üzerine etkisinin olup olmadığı konusunun araştırılması için 6 farklı boyama adımından alınan çözeltilerin absorbens değerleri ve kumaş numunelerinin renk kuvveti (K/S) değerleri ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.4.1.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 56	1%	1	60	10	5,73	5,30	8,62	8,30
		2	90	25	5,13	3,86	5,90	6,09
		3	110	45	1,08	0,63	0,92	0,87
		4	130	65	0,63	0,39	0,61	0,58
		5	130 (25 dk)	90	0,55	0,38	0,48	0,49
		6	130 (50 dk)	115	0,53	0,39	0,35	0,43

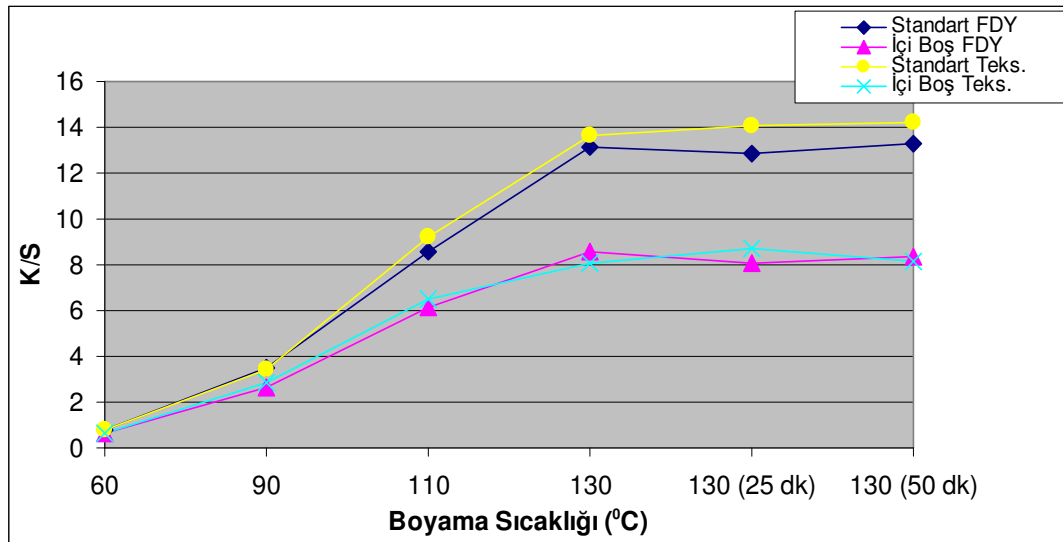


**Şekil 4.19.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)



**Çizelge 4.4.2.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

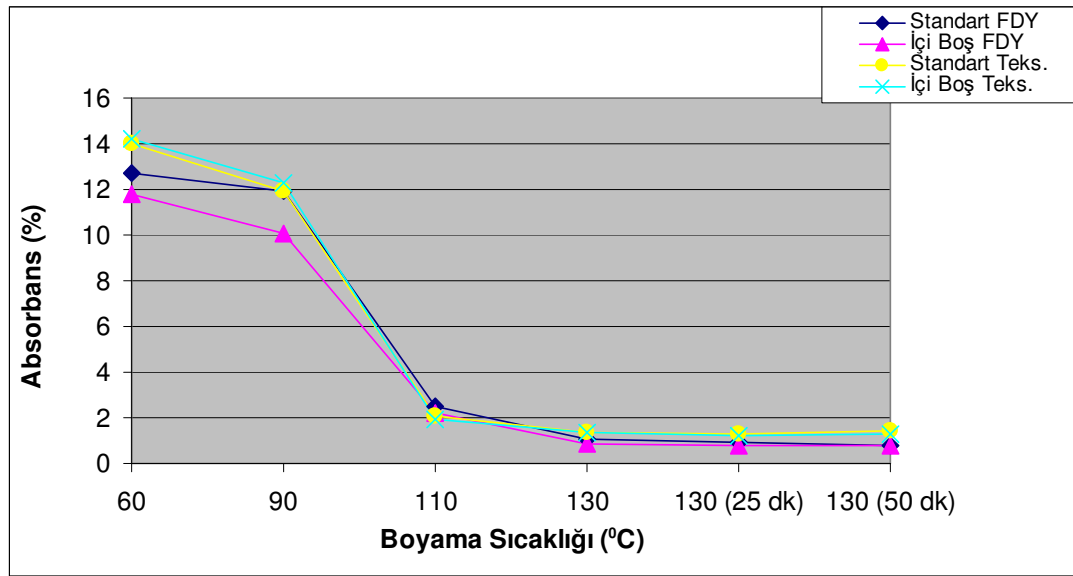
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 56	1%	1	60	10	0,78	0,66	0,82	0,66
		2	90	25	3,49	2,67	3,42	2,84
		3	110	45	8,60	6,15	9,25	6,53
		4	130	65	13,15	8,60	13,68	8,05
		5	130 (25 dk)	90	12,85	8,05	14,05	8,70
		6	130 (50 dk)	115	13,30	8,33	14,25	8,15



**Şekil 4.20.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.4.3.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

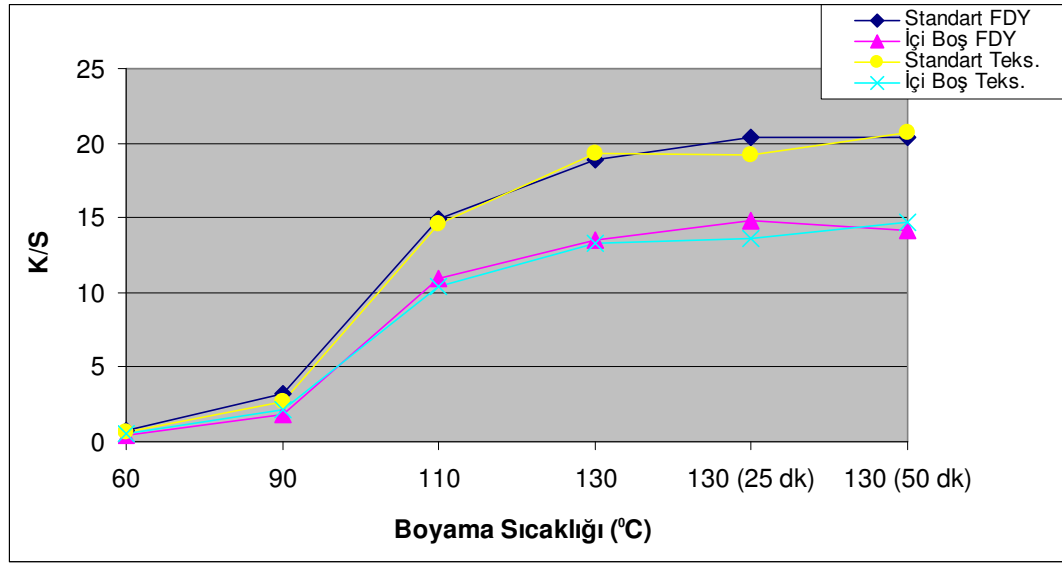
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 56	2%	1	60	10	12,74	11,80	14,00	14,19
		2	90	25	11,96	10,04	11,96	12,28
		3	110	45	2,50	2,19	2,06	1,94
		4	130	65	1,08	0,84	1,39	1,34
		5	130 (25 dk)	90	0,91	0,80	1,28	1,24
		6	130 (50 dk)	115	0,81	0,78	1,41	1,31



**Şekil 4.21.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.4.4.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

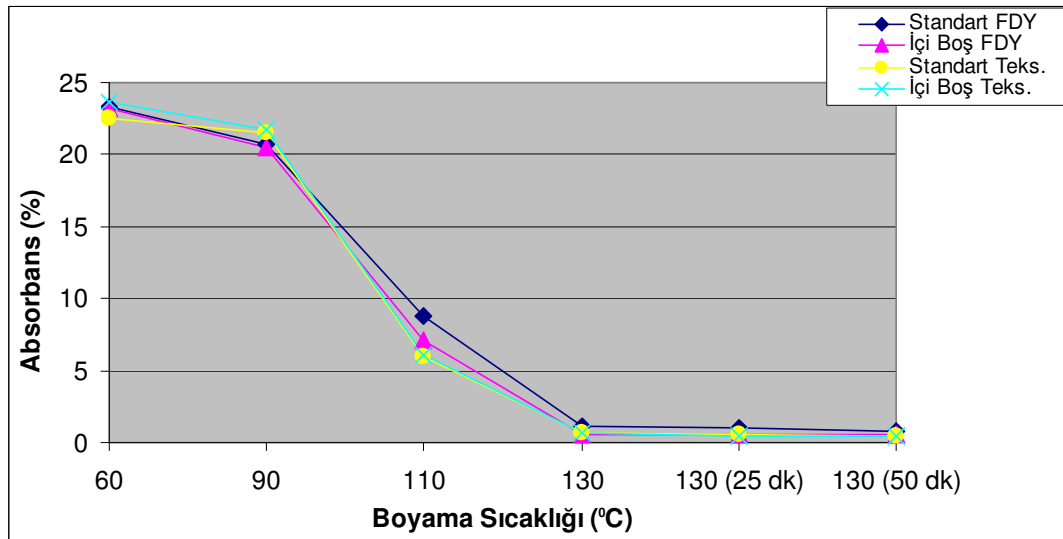
Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 56	2%	1	60	10	0,73	0,39	0,67	0,52
		2	90	25	3,18	1,81	2,64	2,11
		3	110	45	14,95	10,90	14,60	10,45
		4	130	65	18,90	13,50	19,35	13,35
		5	130 (25 dk)	90	20,35	14,80	19,18	13,60
		6	130 (50 dk)	115	20,35	14,20	20,70	14,65



**Şekil 4.22.** Küçük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.4.5.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

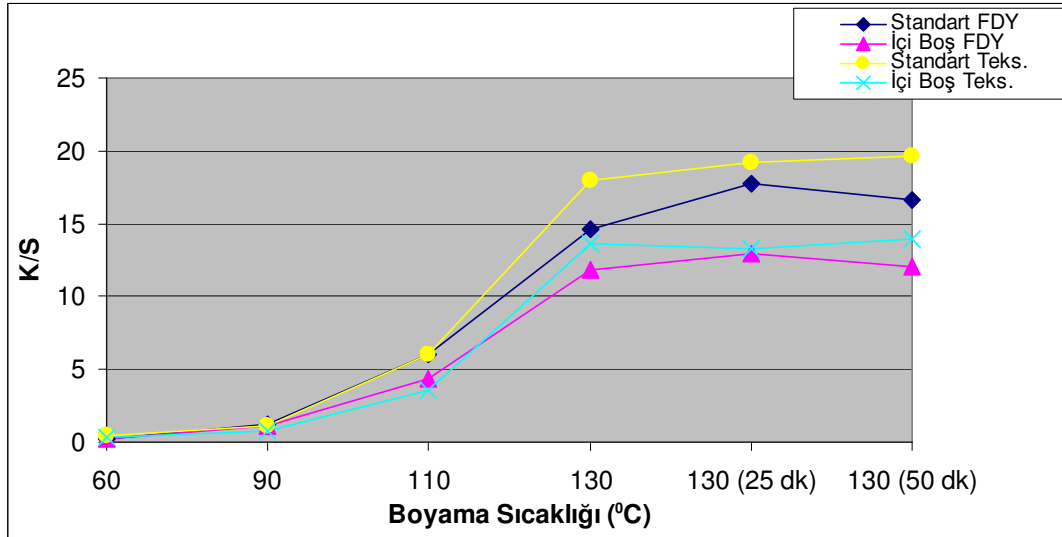
Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 73	1%	1	60	10	23,30	23,21	22,52	23,66
		2	90	25	20,75	20,51	21,48	21,70
		3	110	45	8,78	7,13	5,93	6,04
		4	130	65	1,16	0,61	0,72	0,66
		5	130 (25 dk)	90	1,03	0,56	0,60	0,49
		6	130 (50 dk)	115	0,77	0,61	0,45	0,41



**Şekil 4.23.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbans grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.4.6.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

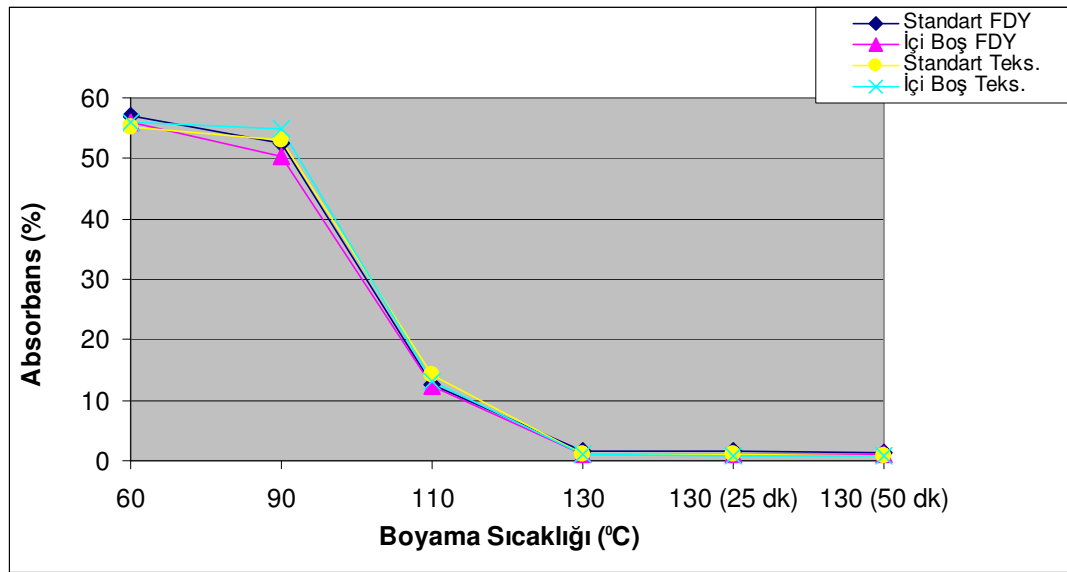
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 73	1%	1	60	10	0,22	0,18	0,40	0,28
		2	90	25	1,22	1,10	1,10	0,77
		3	110	45	6,00	4,40	6,00	3,60
		4	130	65	14,60	11,80	18,00	13,60
		5	130 (25 dk)	90	17,70	13,00	19,20	13,30
		6	130 (50 dk)	115	16,60	12,10	19,60	14,00



**Şekil 4.24.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.4.7.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

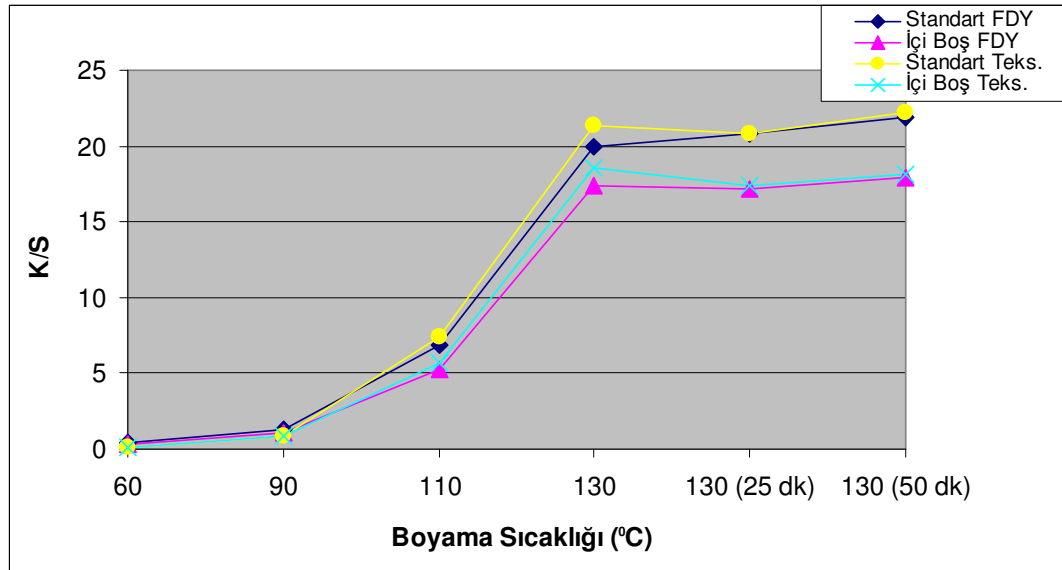
Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 73	2%	1	60	10	57,06	56,04	55,07	55,97
		2	90	25	52,62	50,35	53,16	54,87
		3	110	45	12,72	12,22	14,10	13,20
		4	130	65	1,58	1,01	1,16	1,19
		5	130 (25 dk)	90	1,52	1,04	0,95	0,87
		6	130 (50 dk)	115	1,29	1,04	0,85	0,72



**Şekil 4.25.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.4.8.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

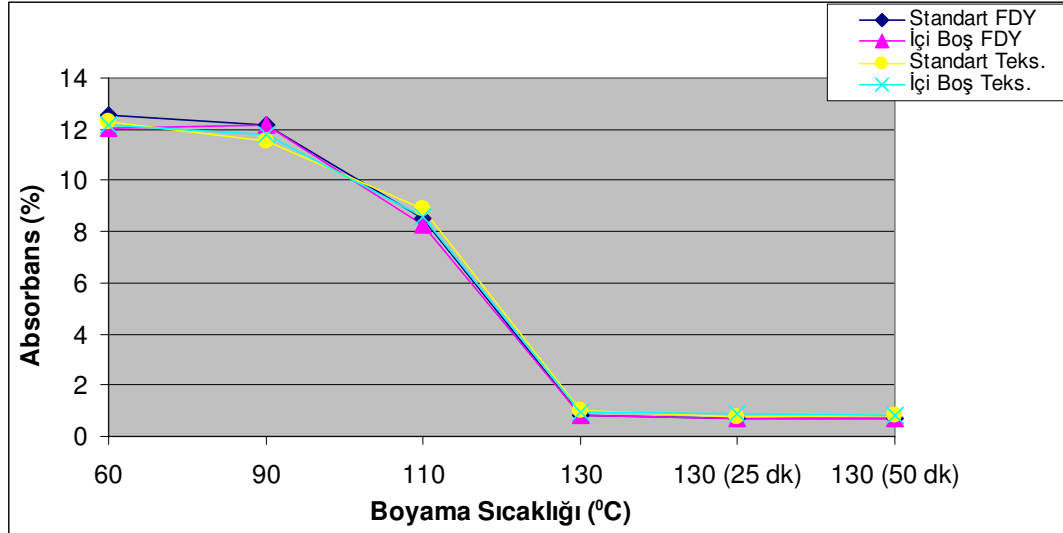
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 73	2%	1	60	10	0,38	0,34	0,14	0,06
		2	90	25	1,34	1,11	0,86	0,85
		3	110	45	6,90	5,30	7,35	5,70
		4	130	65	20,00	17,40	21,40	18,60
		5	130 (25 dk)	90	20,80	17,20	20,80	17,40
		6	130 (50 dk)	115	21,90	17,90	22,20	18,10



**Şekil 4.26.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.4.9.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

Boyarmadde	Konsan-trasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 79	1%	1	60	10	12,54	12,05	12,29	12,17
		2	90	25	12,17	12,17	11,57	11,80
		3	110	45	8,54	8,27	8,92	8,60
		4	130	65	0,84	0,84	1,00	0,93
		5	130 (25 dk)	90	0,70	0,70	0,76	0,86
		6	130 (50 dk)	115	0,68	0,67	0,81	0,80

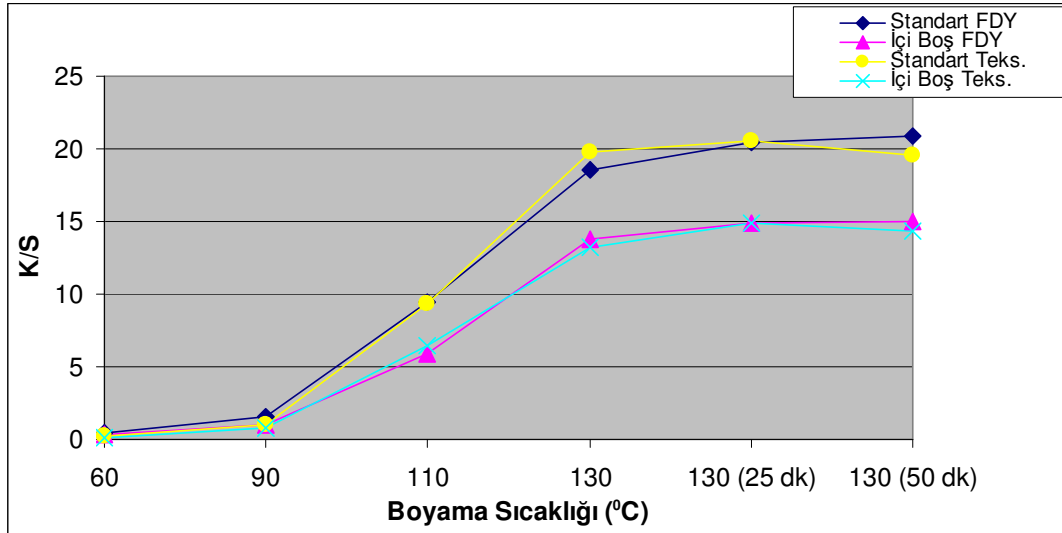


**Şekil 4.27.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)



**Çizelge 4.4.10.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

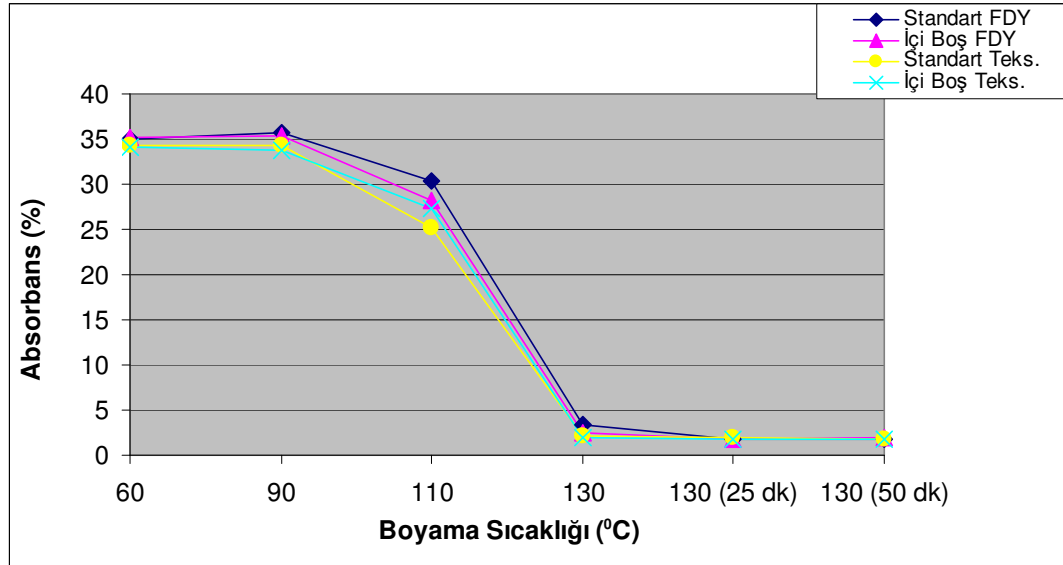
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 79	1%	1	60	10	0,44	0,28	0,18	0,14
		2	90	25	1,55	0,96	0,95	0,82
		3	110	45	9,45	5,93	9,30	6,40
		4	130	65	18,58	13,80	19,75	13,25
		5	130 (25 dk)	90	20,45	14,90	20,60	14,90
		6	130 (50 dk)	115	20,90	14,95	19,60	14,30



**Şekil 4.28.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %1)

**Çizelge 4.4.11.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

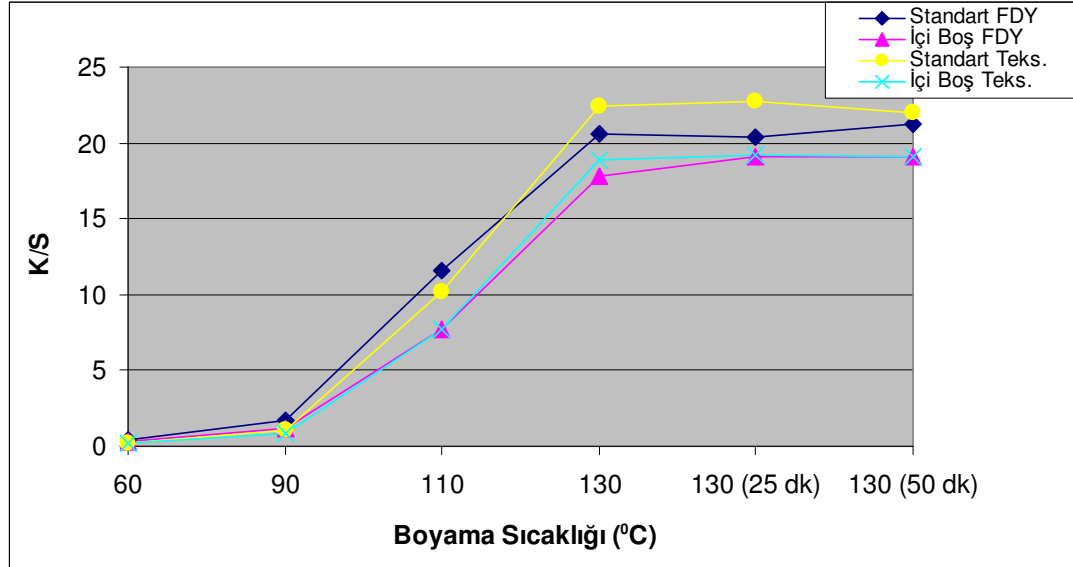
Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	Absorbans Değerleri (%)			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 79	2%	1	60	10	34,97	35,16	34,35	34,18
		2	90	25	35,72	35,36	34,31	33,77
		3	110	45	30,37	28,14	25,21	27,34
		4	130	65	3,36	2,47	2,07	1,92
		5	130 (25 dk)	90	1,87	1,80	1,96	1,84
		6	130 (50 dk)	115	1,77	1,90	1,84	1,79



**Şekil 4.29.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işleminden alınan çözeltilerin absorbens grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

**Çizelge 4.4.12.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) değerleri (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Boyarmadde	Konsantrasyon	Boyama adımı	Boyama Sıcaklığı (°C)	Süre (dk)	K/S			
					Standart FDY	İçi Boş FDY	Standart Teks.	İçi Boş Teks.
Disperse Blue 79	2%	1	60	10	0,41	0,30	0,24	0,21
		2	90	25	1,68	1,13	1,11	0,90
		3	110	45	11,60	7,75	10,23	7,75
		4	130	65	20,65	17,80	22,45	18,85
		5	130 (25 dk)	90	20,43	19,10	22,75	19,20
		6	130 (50 dk)	115	21,20	19,05	22,00	19,15



**Şekil 4.30.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyama işlemine ait renk kuvveti (K/S) grafiği (boyarmadde konsantrasyonu; %2)

Hava tekstüre işlemi görmüş içi boş liflerin renk kuvvetleri FDY numunelerde olduğu gibi standart liflere göre yüksektir.

Hava tekstüre işleminin boya alma miktarı ve hızına önemli bir etkisinin olmaması yanında FDY'ye göre hava tekstüre mamullerinin boya alma özellikleri bir miktar düşüktür. Bu sonuca karşılık hava tekstüre mamullerinin renk kuvveti değerleri bir miktar daha yüksektir.

Hava tekstüre işlemleri görmüş numunelerin küçük ve orta molekülü boyarmaddeleri çekim miktarı ve renk kuvveti daha yüksektir. Bu fark konsantrasyon artışıyla azalmakla beraber devam etmektedir. Büyük molekülü boyarmaddeleri çekim miktarı ve renk kuvveti arasında %1 konsantrasyonda fark yokken % 2 konsantrasyonda hava tekstüre numuneleri daha fazla boyarmadde çekmekte ve renk kuvveti daha yüksek olmaktadır.

#### 4.5. Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Değerlerinin Karşılaştırılması

Standart ve içi boş liflerin parlaklık özelliklerinin renk kuvvetine (K/S) etkisinin incelenmesi ve boyarmadde molekül büyüklüğünün parlaklık özellikleri ve renk değerleri üzerine etkisinin olup olmadığı konusunun araştırılması için standart ve içi boş liflerden elde edilen beyaz ve boyalı numunelerden renk değerleri ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.5.1.** Beyaz kumaş ve kartela yüzeyinden yapılan renk ölçüm sonuçları

Materyal	Ölçüm Yüzeyi	Kesit Şekli	L	a	b	c	h	Parlaklık indeksi	Berger	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
FDY	Çorap	Standart	92,6	-1,0	2,9	3,1	109,5	78,9	70,0	1,9	0,2	-0,8	-0,8	0,1	2,0	82,4
		Hollow	94,5	-0,9	2,2	2,3	111,9	84,0	77,3							86,6
	Kartela	Standart	93,7	-0,7	1,8	1,9	110,9	82,7	77,2	1,3	0,0	-0,4	-0,4	0,1	1,3	84,6
		Hollow	95,0	-0,6	1,4	1,5	114,9	86,0	81,9							87,6
Tekstüre	Çorap	Standart	93,0	-1,3	2,7	3,0	115,7	80,2	72,6	1,4	0,4	-0,4	-0,6	-0,2	1,5	83,2
		Hollow	94,4	-0,9	2,2	2,4	111,1	83,8	76,8							86,6
	Kartela	Standart	93,8	-0,7	1,8	1,9	110,8	83,0	77,5	0,7	0,2	-0,5	-0,6	0,1	0,9	84,8
		Hollow	94,5	-0,5	1,2	1,3	112,7	85,2	81,4							86,5

Çizelge 4.5.1’de beyaz yüzeyden yapılan renk ölçüm sonuçlarında içi boş liflerin L (açıklık-koyuluk), parlaklık (brightness), beyazlık (berger) ve reflektans değerleri tüm ölçüm sonuçlarında daha yüksektir. Bu değerlerin yüksek olması içi boş liflerin kayda değer oranda parlaklığının yüksek olduğunu ve bu sayede ışığı yansıtma özelliğinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar aynı boyarmadde konsantrasyonu ile boyanan

standart liflerin içi boş liflerden daha koyu görünmesinde içi boş liflerin parlaklık farkının da etkisi olduğunu açıklamaktadır.

**Çizelge 4.5.2.** Küçük molekülü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 56)

Materyal	Konsan-trasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
FDY	1	Standart	36,4	2,6	-39,2	39,3	273,9	26,4	5,1	-2,6	2,0	-2,1	-2,5	6,0	4,0
		İçi boş	41,5	0,1	-37,2	37,2	270,1	30,9							5,8
	2	Standart	28,2	7,3	-38,5	39,2	280,7	18,1	5,5	-4,0	0,8	-1,3	-3,9	6,9	2,4
		İçi boş	33,7	3,3	-37,7	37,8	275,0	22,7							3,5
Tekstüre	1	Standart	35,8	3,3	-39,8	40,0	274,7	26,0	7,1	-3,9	3,3	-3,5	-3,8	8,8	3,7
		İçi boş	42,9	-0,7	-36,5	36,5	269,0	32,0							6,4
	2	Standart	27,8	7,3	-37,9	38,6	280,9	17,5	6,6	-4,2	0,6	-1,2	-4,1	7,9	2,4
		İçi boş	34,4	3,1	-37,3	37,4	274,7	23,2							3,8

**Çizelge 4.5.3.** Orta molekülü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 73)

Materyal	Konsan-trasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
FDY	1	Standart	21,8	6,0	-29,1	29,8	281,7	10,3	4,2	-2,7	-2,4	2,0	-3,0	5,6	2,0
		İçi boş	26,0	3,4	-31,6	31,7	276,1	13,9							2,3
	2	Standart	21,8	6,1	-29,0	29,6	281,8	10,2	5,0	-2,8	-3,0	2,6	-3,2	6,5	2,0
		İçi boş	26,8	3,2	-32,0	32,2	275,8	14,6							2,5
Tekstüre	1	Standart	29,6	2,3	-34,0	34,0	273,9	17,6	5,9	-3,5	0,6	-0,6	-3,5	6,9	2,8
		İçi boş	35,4	-1,2	-33,4	33,4	267,9	22,5							4,0
	2	Standart	22,8	6,1	-29,1	29,8	281,8	10,9	7,0	-4,0	-3,9	3,3	-4,5	8,9	2,2
		İçi boş	29,8	2,1	-33,0	33,0	273,7	17,3							3,0

**Çizelge 4.5.4.** Büyük molekülü boyarmadde ile yapılan boyama sonunda alınan kumaş numunelerinin renk değerleri (Disperse Blue 79)

Materyal	Konsantrasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
FDY	1	Standart	22,9	0,3	-20,9	20,9	270,9	8,4	5,4	-2,3	-2,0	2,0	-2,2	6,2	2,3
		İçi boş	29,4	-1,9	-22,9	23,0	265,2	12,1							3,1
	2	Standart	19,6	2,3	-14,0	14,2	279,5	5,2	2,8	-1,5	-4,3	4,1	-1,9	5,3	2,3
		İçi boş	22,3	0,9	-18,3	18,3	272,7	7,4							2,5
Tekstüre	1	Standart	24,2	-0,2	-21,6	21,6	269,4	9,2	5,6	-2,0	-1,4	1,5	-1,9	6,1	2,5
		İçi boş	29,7	-2,3	-22,9	23,0	264,4	13,0							3,4
	2	Standart	18,4	2,3	-15,0	15,1	278,8	5,0	4,3	-1,7	-4,2	4,0	-2,0	6,2	2,0
		İçi boş	22,7	0,6	-19,2	19,2	271,9	7,8							2,5

Çizelge 4.5.2, 4.5.3 ve 4.5.4'de görüldüğü gibi boyalı kumaş numunelerinden yapılan renk ölçümlerinde içi boş liflerin parlaklık (brightness), % reflektans ve L değerinin yüksek olması ışığı yansıtma özelliğinin daha iyi olması anlamına gelir ki, kısmen de olsa renk kuvvetinin (K/S) daha düşük olmasında etkisinin olduğu söylenebilir. Sarılık-mavilik (b) boyutunda ve renk doygunluğu (C) açısından değerlendirdiğimizde küçük molekülü boyama haricinde içi boş liflerin daha mavi yönde ve doygunluğu daha yüksektir. Kırmızılık- yeşillik (a) boyutunda ise bütün boyama sonuçlarında içi boş liflerden elde edilen kumaşların kırmızılığı daha düşüktür.

Küçük molekülü boyarmaddelerle boyanmış içi boş liflerden elde edilen kumaş numunelerinin maviliği ve renk doygunluğu daha düşük olmasına rağmen orta ve büyük molekülü boyarmadde ile boyanmış kumaş numunelerinde tam aksine maviliği ve renk doygunluğu daha yüksektir. Küçük, orta ve büyük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyamaların tamamında içi boş liflerden elde edilen kumaşların renk açısı (h) daha düşüktür.

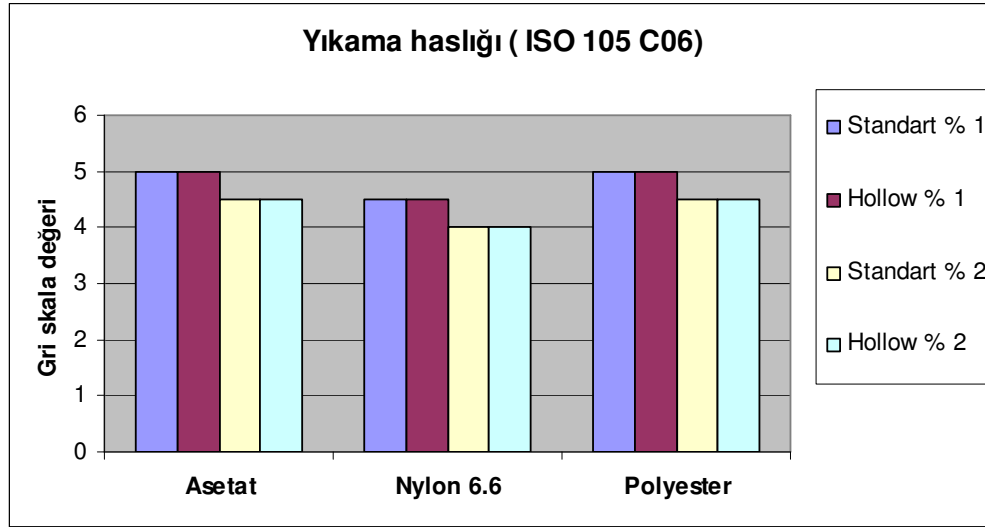
Küçük ve orta molekülü boyamalarda konsantrasyon artışıyla mavi-sarı boyutta önemli bir değişiklik olmazken büyük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyamalarda konsantrasyon artışıyla mavilik ve doygunluk azalmaktadır.

Standart liflerle aynı şartlar altında boyanan içi boş liflerde sadece renk koyuluğu daha düşük çıkmamakta, aynı zamanda renk tonunda da dikkate değer değişiklikler meydana gelmektedir.

#### 4.6. Standart ve İçi boş Liflerin Yıkama Haslıklarının Karşılaştırılması

**Çizelge 4.6.1.** Küçük molekülü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri

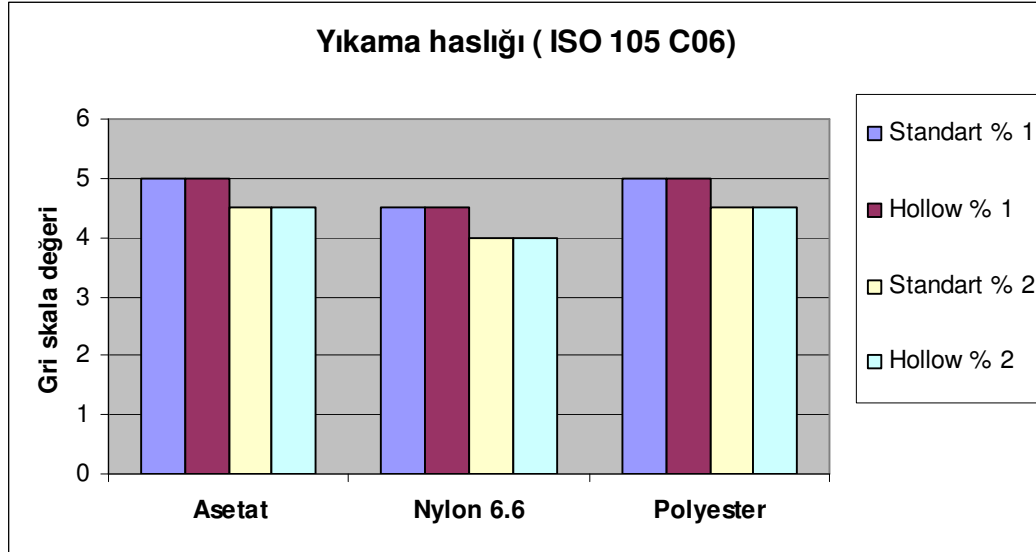
Boyarmadde	Konsan-trasyon (%)	Kesit Şekli	Yıkama haslığı (ISO 105 C06)		
			Asetat	Nylon 6.6	Polyester
Disperse Blue 56	1,0	Standart	5	4,5	5
		Hollow	5	4,5	5
	2,0	Standart	4,5	4	4,5
		Hollow	4,5	4	4,5



**Şekil 4.31.** Küçük molekülü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiğı

**Çizelge 4.6.2.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri

Boyarmadde	Konsan- trasyon (%)	Kesit Şekli	Yıkama haslığı (ISO 105 C06)		
			Asetat	Nylon 6.6	Polyester
Disperse Blue 73	1,0	Standart	5	4,5	5
		Hollow	5	4,5	5
	2,0	Standart	4,5	4	4,5
		Hollow	4,5	4	4,5

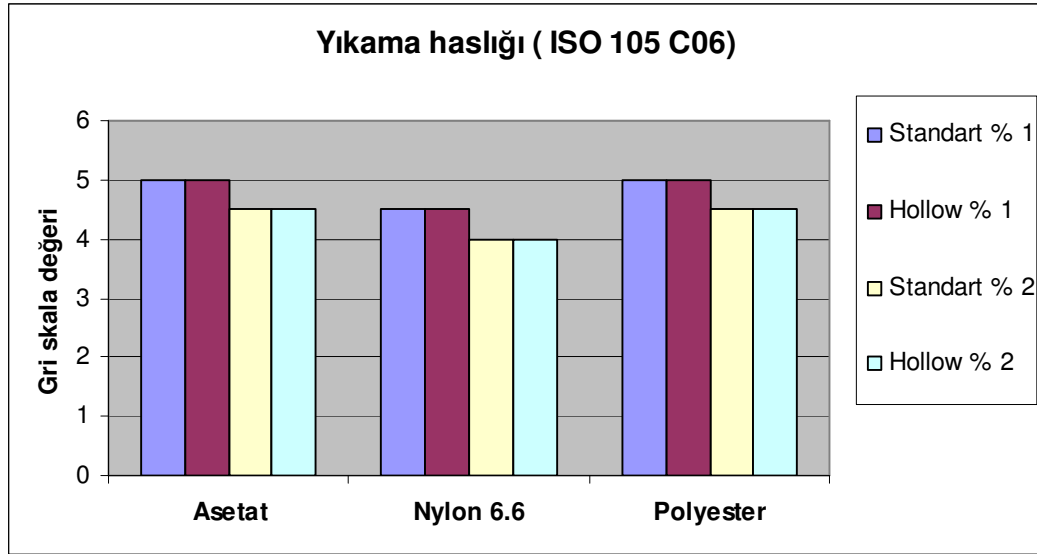


**Şekil 4.32.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiği



**Çizelge 4.6.3.** Büyük molekülü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri

Boyarmadde	Konsan- trasyon (%)	Kesit Şekli	Yıkama haslığı (ISO 105 C06)		
			Asetat	Nylon 6.6	Polyester
Disperse Blue 79	1,0	Standart	5	4,5	5
		Hollow	5	4,5	5
	2,0	Standart	4,5	4	4,5
		Hollow	4,5	4	4,5



**Şekil 4.33.** Büyük molekülü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin haslık değerleri grafiğı

Çizelge 4.6.1 , 4.6.2 , 4.6.3 ve şekil 4.31 , 4.32 , 4.33'de görüldüğü gibi küçük orta ve büyük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyama sonuçlarında standart ile içi boş liflerin yıkama haslıkları arasında fark yoktur. Asetat ve polyestere lekelmesi her iki lif içinde aynı iken nylon 6.6'nın lekelmesi ½ derece daha yüksektir. % 2'lik boyamalarda % 1'lik boyamalara göre her iki lifin haslık değerleri ½ derece düşmektedir.

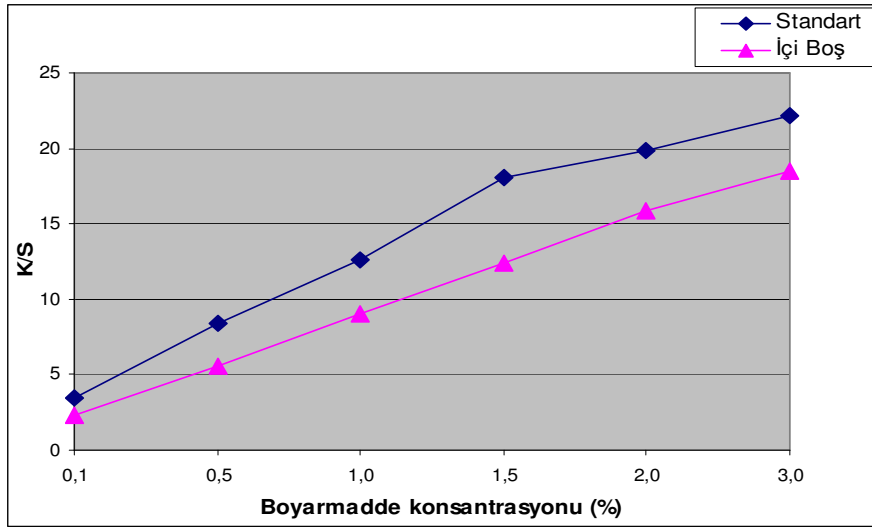
Ancak bu sonuçlar aynı boyarmadde konsantrasyonu ile boyanan numuneler için geçerlidir. Aynı renk koyuluğu (K/S) göz önüne alındığı zaman, içi boş lifler için daha fazla boyarmadde kullanılacağından yıkama haslıklarının bir miktar düşmesi beklenir. Nitekim çizelge 4.2.1-4.2.6'daki değerler % 1 boyarmadde konsantrasyonu ile elde edilen renk koyuluklarına içi boş liflerde yaklaşık olarak % 2'lik boyarmadde konsantrasyonunda ulaşılabilmesini göstermektedir. Bu değerler dikkate alındığında, aynı renk koyuluğunda boyanan içi boş liflerin standart liflere göre ½ derece daha düşük yıkama haslığı verdiği sonucu ortaya çıkar.

#### 4.7. Boyarmadde Konsantrasyonunun Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Kuvveti (K/S) Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması

Konsantrasyon artışıyla standart ve İçi boş liflerin renk kuvvetinin değişiminin incelenmesi için % 0.1, % 0.5, % 1, % 1.5, % 2 ve % 3 konsantrasyonlarda boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerleri (K/S) ölçülmüştür. Bu değerlerden x-y (dağılım) grafiği çizilerek eğri denklemi çıkartılmıştır. Bu denklemler yardımı ile standart ve içi boş liflerin boyanmasında aynı renk kuvvetini elde edebilmek için boyama konsantrasyon oranlarının hesaplanmasında kullanılacak formüller elde edilmiştir. Ölçülen renk kuvveti (K/S) değerleri aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.7.1.** Küçük molekülü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri

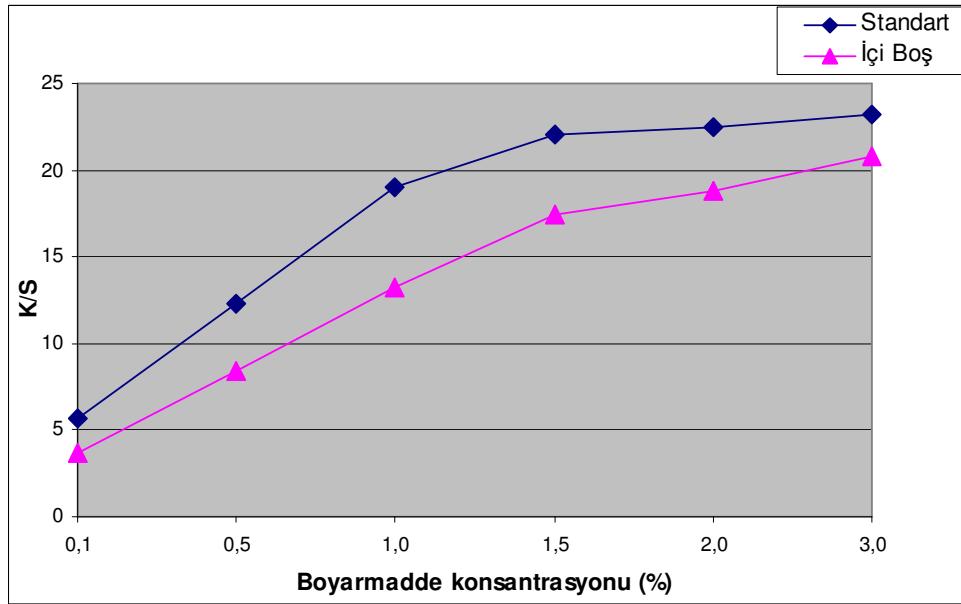
Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	K/S	
			Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 56	0,1	3,41	2,44
		0,5	8,63	5,68
		1,0	13,25	9,33
		1,5	18,41	12,65
		2,0	20,35	15,60
		3,0	23,03	18,95



**Şekil 4.34.** Küçük molekülü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği

**Çizelge 4.7.2.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri

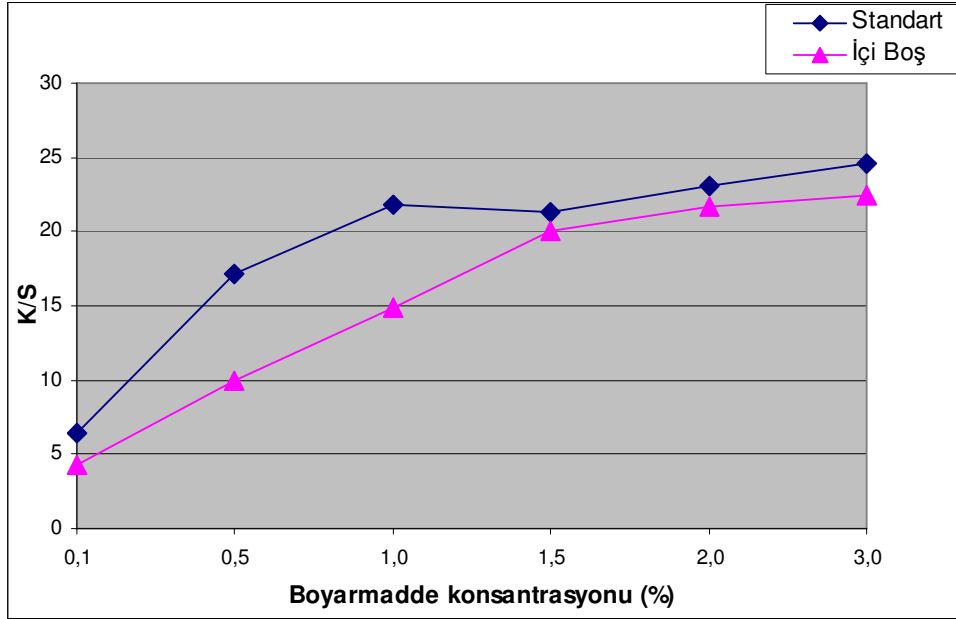
Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	K/S	
			Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 73	0,1	5,85	3,70
		0,5	13,50	8,98
		1,0	19,00	13,60
		1,5	22,40	17,73
		2,0	22,75	19,45
		3,0	24,25	21,60



**Şekil 4.35.** Orta moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği

**Çizelge 4.7.3.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) değerleri

Materyal	Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	K/S	
			Standart	İçi Boş
FDY	Disperse Blue 79	0,1	6,40	4,28
		0,5	17,10	9,95
		1,0	21,80	14,40
		1,5	21,25	20,05
		2,0	23,05	21,65
		3,0	24,58	22,50



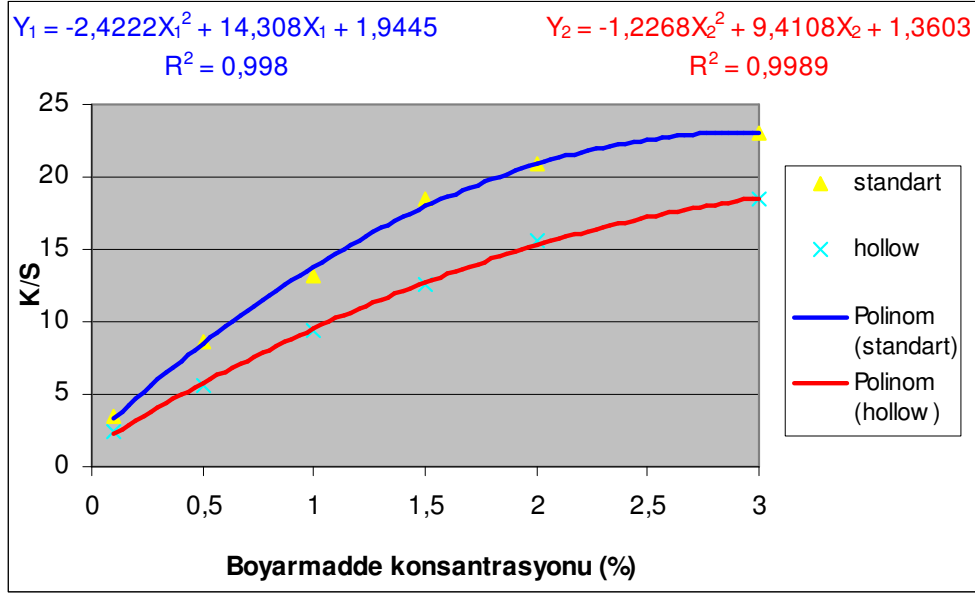
**Şekil 4.36.** Büyük moleküllü boyarmadde ile yapılan boyarmadde konsantrasyon çalışmasına ait renk kuvveti (K/S) grafiği

130 °C’de 50 dakika yapılan bitmiş boyama sonuçlarına göre; çizelge 4.6.1 ve şekil 4.31’de görüldüğü gibi küçük moleküllü dispers boyarmadde ile boyanan numunelerde standart lifler içi boş liflere göre % 0.1 –% 0.5 – % 1 - % 1.5 – % 2 ve % 3 boyarmadde

konsantrasyonlarında sırasıyla %40, %52, %42, %45, %30 ve % 22 oranında daha koyu boyanmışlardır. Boyama sonuçlarına ait K/S değerleri incelendiği zaman standart liflerde % 1 ve % 1,5'lik boyamalarda elde edilen renk kuvvetine içi boş liflerde sırasıyla % 1.5 ve % 3'lük konsantrasyonlarda ancak ulaşılabilir.

Çizelge 4.6.2 ve şekil 4.32'de görüldüğü gibi orta büyüklükte moleküle sahip dispers boyarmaddelerle 130 °C'de 50 dakika boyanan numuneler arasındaki renk kuvveti (K/S) değerleri karşılaştırıldığında % 0.1 –% 0.5 – % 1 - % 1.5 – % 2 ve % 3 boyarmadde konsantrasyonlarında sırasıyla %58, %50, %40, %26, %17 ve % 12 oranında daha koyu boyanmışlardır. Boyama sonuçlarına ait K/S değerleri incelendiğinde standart liflerde % 1 ve % 1.5'lik boyamalarda elde edilen renk kuvvetine içi boş liflerde sırasıyla % 2 ve % 3'lük konsantrasyonlarda ancak ulaşılabilirdiği görülmektedir.

Çizelge 4.6.3 ve şekil 4.33'de görüldüğü gibi Büyük molekül yapısına sahip dispers boyarmaddelerle 130 °C'de 50 dakika boyanan numuneler arasındaki renk kuvveti (K/S) değerleri karşılaştırıldığında % 0.1 –% 0.5 – % 1 - % 1.5 – % 2 ve % 3 boyarmadde konsantrasyonlarında sırasıyla %50, %72, %51, %6, %6 ve % 9 oranında daha koyu boyanmışlardır. Boyama sonuçlarına ait K/S değerleri incelendiği zaman standart liflerde % 1 ve % 1.5'lik boyamalarda elde edilen renk kuvvetine içi boş liflerde sırasıyla % 2 ve % 3'lük konsantrasyonlarda ancak ulaşılabilirdiği görülmektedir.



**Şekil 4.37.** Küçük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği

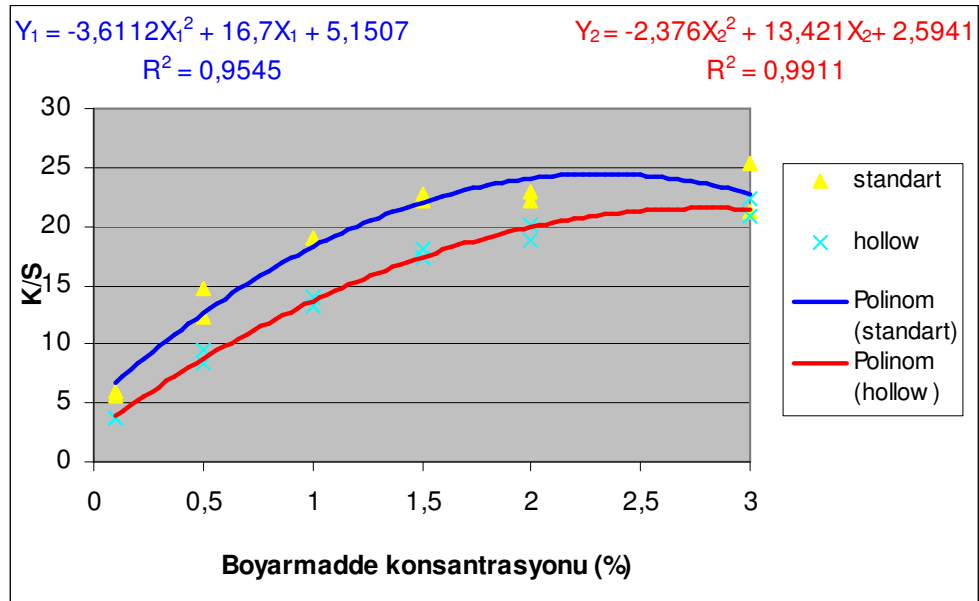
Standart ve içi boş liflerin boyanmasında aynı renk kuvvetini (K/S) elde edebilmek için yukarıdaki grafiğin eğri denklemlerinden  $Y_1$  ve  $Y_2$  değerlerini (renk kuvvetlerini) eşit kabul ederek denklemler eşitlenir. İki bilinmeyenli bir denklem haline getirilerek diskriminant yöntemi ile denklem çözülür. Denklem çözümünde  $X_1$  (standart lifin konsantrasyonu) ile  $X_2$  (içi boş lifin konsantrasyonu) arasındaki oran bulunur.

$X_1$ : Standart lif için küçük moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$X_2$ : İçi boş lif için küçük moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$$X_2 = 3,84 \pm 1,40 \sqrt{X_1^2 - 5,90X_1 + 7,22}$$

Örneğin  $X_1$ : 2 olursa,  $X_2$ : 2,77 değeri bulunur. % 2 konsantrasyonda boyanan standart lifle aynı renk koyuluğunu içi boş lifte elde edebilmek için boyama konsantrasyonunun % 2,77 olması gerektiği yukarıdaki formül yoluyla hesaplanabilmektedir.



**Şekil 4.38.** Orta moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği

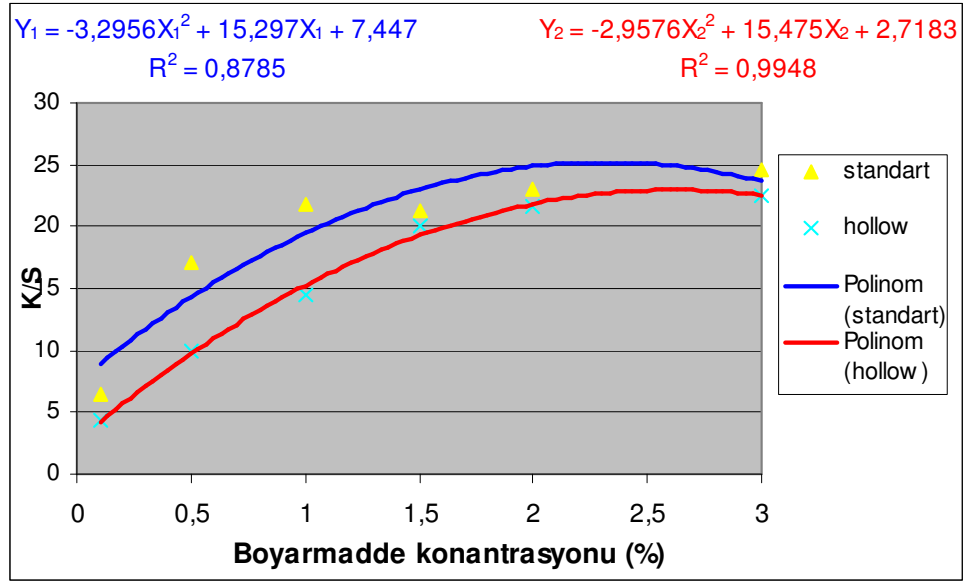
$X_1$ : Standart lif için orta moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$X_2$ : İçi boş lif için orta moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$$X_2 = 2,82 \pm 1,23 \sqrt{X_1^2 - 4,62X_1 + 4,53}$$

Örneğin  $X_1$ : 3 olursa,  $X_2$ : 3,52 bulunur.





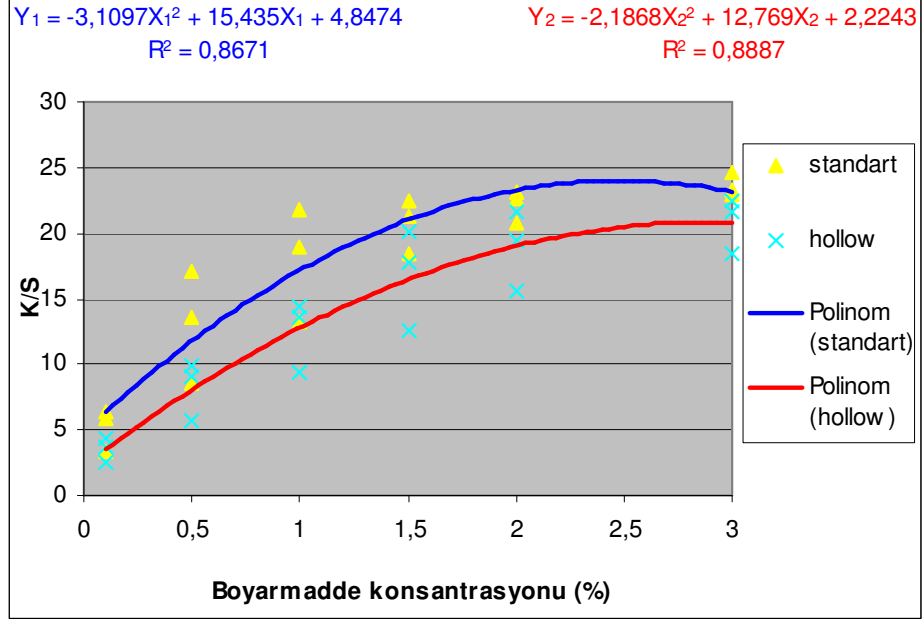
**Şekil 4.39.** Büyük moleküllü boyarmadde ile boyanan standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği

$X_1$ : Standart lif için büyük moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$X_2$ : İçi boş lif için büyük moleküllü boyarmadde konsantrasyonu

$$X_2 = 2,61 \pm 1,05 \sqrt{X_1^2 - 4,64X_1 + 4,71}$$

Örneğin  $X_1$ : 3 olursa,  $X_2$ : 3,09 bulunur.



**Şekil 4.40.** Standart ve içi boş liflerin renk kuvveti değerlerinden elde edilen x-y (dağılım) grafiği

Boyarmadde molekül büyüklüğü dikkate alınmadığı takdirde aşağıdaki formül kullanılabilir.

**X<sub>1</sub>**: Standart lifin boyarmadde konsantrasyonu

**X<sub>2</sub>** : İçi boş lifin boyarmadde konsantrasyonu

$$X_2 = 2,91 \pm 1,19 \sqrt{X_1^2 - 4,96X_1 + 5,1}$$

Örneğin X<sub>1</sub> : 3 olursa, X<sub>2</sub> : 3,96 bulunur.

Boyarmadde konsantrasyon artışıyla standart ve içi boş liflerin renk değerlerinin değişimini incelemek için % 0,1, % 0,5, % 1, % 1,5, % 2 ve % 3 konsantrasyonlarda boyanan standart ve içi boş liflerin renk değerleri ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

**Çizelge 4.7.4.** Küçük molekülü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri

Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
Disperse blue 56	0,1	Standart	54,2	-3,8	-34,9	35,1	263,9	46,7	4,1	-0,5	2,8	-2,7	-0,8	5,0	12,54
		İçi boş	58,3	-4,3	-32,1	32,4	262,4	50,8							16,25
	0,5	Standart	42,0	0,4	-38,9	38,9	270,5	32,6	4,9	-1,8	2,5	-2,5	-1,8	5,8	5,74
		İçi boş	46,9	-1,4	-36,5	36,5	267,8	37,2							8,26
	1,0	Standart	35,6	1,8	-37,4	37,5	272,6	24,6	4,7	-1,3	-0,3	0,3	-1,3	5,7	3,83
		İçi boş	40,4	0,4	-37,7	37,7	270,6	29,9							5,32
	1,5	Standart	30,1	5,9	-38,6	39,1	278,7	19,8	5,9	-3,5	0,5	-0,8	-3,4	6,9	2,66
		İçi boş	36,0	2,4	-38,1	38,2	273,6	25,3							3,99
	2,0	Standart	28,3	7,2	-38,3	39,0	280,6	18,1	4,3	-3,3	0,7	-1,2	-3,2	5,5	2,43
		İçi boş	32,7	3,9	-37,6	37,8	275,9	21,6							3,25
	3,0	Standart	24,4	9,4	-35,8	37,0	284,7	14,0	4,4	-4,4	0,6	-1,4	-4,2	6,4	2,12
		İçi boş	28,8	5,1	-35,2	35,6	278,1	17,2							2,71

**Çizelge 4.7.5.** Orta molekülü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri

Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
Disperse blue 73	0,1	Standart	47,1	-4,4	-34,5	34,8	262,7	36,5	5,7	-1,1	2,7	-2,6	-1,5	6,4	8,12
		İçi boş	52,7	-5,5	-31,8	32,2	260,2	42,2							11,81
	0,5	Standart	35,4	-0,8	-35,3	35,3	268,7	23,5	5,5	-2,0	0,8	-0,7	-2,1	5,9	3,78
		İçi boş	40,9	-2,8	-34,5	34,6	265,4	28,9							5,57
	1,0	Standart	27,0	3,9	-33,4	33,7	276,7	15,4	5,1	-3,2	-0,3	0,1	-3,3	6,1	2,40
		İçi boş	32,1	0,6	-33,8	33,8	271,1	19,8							3,27
	1,5	Standart	27,1	3,6	-33,0	33,3	276,3	15,4	4,9	-2,8	-0,7	0,5	-2,9	5,8	2,43
		İçi boş	32,0	0,7	-33,7	33,8	271,3	19,6							3,25
	2,0	Standart	23,3	5,8	-30,2	30,7	280,9	11,5	4,2	-2,6	-2,3	1,9	-2,9	5,4	2,15
		İçi boş	27,4	3,2	-32,4	32,6	275,7	15,2							2,55
	3,0	Standart	20,5	6,9	-25,9	26,8	284,9	8,6	3,1	-1,7	-3,3	2,8	-2,3	4,8	2,08
		İçi boş	23,5	5,2	-29,2	29,6	280,1	11,3							2,25

**Çizelge 4.7.6.** Büyük molekülü boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama işlemine ait kumaş numunelerinin renk değerleri

Boyarmadde	Konsantrasyon (%)	Kesit Şekli	L	a	b	C	h	Parlaklık indeksi	DL	Da	Db	DC	Dh	DE	Reflektans (600 nm)
Disperse blue 79	0,1	Standart	41,8	-5,1	-24,4	24,9	258,2	23,7	5,4	-0,1	1,3	-1,2	-0,7	5,6	7,12
		İçi boş	47,3	-5,5	-23,0	23,7	256,5	28,6							10,10
	0,5	Standart	28,1	-2,3	-23,9	24,0	264,4	12,3	6,9	-1,8	0,0	0,2	-1,8	7,2	2,86
		İçi boş	35,1	-4,1	-23,9	24,2	260,1	17,3							4,68
	1,0	Standart	23,3	-0,2	-21,5	21,5	269,6	8,8	5,8	-2,1	-1,6	1,7	-2,0	6,4	2,28
		İçi boş	29,1	-2,3	-23,1	23,2	264,4	12,7							3,26
	1,5	Standart	20,6	1,8	-17,3	17,4	276,0	6,4	3,2	-2,0	-3,2	3,1	-2,1	4,9	2,28
		İçi boş	23,8	-0,2	-20,5	20,5	269,5	8,7							2,47
	2,0	Standart	18,7	2,2	-15,2	15,4	278,1	5,2	3,9	-1,7	-4,2	4,0	-2,0	6,0	2,07
		İçi boş	22,7	0,5	-19,3	19,4	271,4	7,8							2,39
	3,0	Standart	16,6	2,5	-10,9	11,2	282,8	3,7	2,8	-0,7	-4,7	4,5	-1,4	5,5	1,94
		İçi boş	19,4	1,8	-15,6	15,7	276,5	5,5							2,14

Çizelge 4.7.4 , 4.7.5 ve 4.7.6'da görüldüğü gibi küçük, orta ve büyük molekülü boyarmaddelerle % 0.1 – % 0.5 – % 1 - % 1.5 – % 2 ve % 3 boyarmadde konsantrasyonlarında boyanan kumaş numunelerinden yapılan renk ölçümlerinde içi boş liflerin parlaklık (brightness), % reflektans ve L (açıklık-koyuluk) değerleri standart liflere göre daha yüksektir. Küçük molekülü boyarmaddelerle boyanan standart ve içi boş liflerin arasındaki açıklık-koyuluk (L) farkı konsantrasyon artışıyla değişmezken; orta ve büyük molekülü boyarmaddelerle boyanan standart ve içi boş liflerin arasındaki açıklık-koyuluk farkı azalmaktadır.

Sarılık-mavilik (b) boyutu ve renk doygunluğu (C) açısından değerlendirdiğimizde, küçük molekülü boyarmadde ile % 0.1 ve % 0.5'lik konsantrasyonlarda boyanan numunelerde içi boş liflerin maviliği ve doygunluğu daha düşük, % 1 ve % 1.5, % 2 ve %3 konsantrasyonlarda fark yoktur. Orta molekülü boyarmadde ile % 0.1 ve % 0.5'lik konsantrasyonlarda boyanan kumaşların maviliği ve doygunluğu daha düşüktür, % 1 ve % 1.5'lik konsantrasyonlarda boyanan numunelerde ise içi boş lifler ile standart lifler arasında önemli bir farklılık yokken % 2 ve % 3'lük konsantrasyonlarda içi boş liflerin maviliği ve doygunluğu daha yüksektir.

Kırmızılık - yeşillik (a) boyutunda küçük ve orta molekülü boyarmaddeler ile % 0.1 ve % 0.5'lik boyamalarda her iki lif de yeşil boyutta iken; % 1, % 1.5, % 2 ve % 3'lük

boyamalarda kırmızı boyuta kaymakta ve konsantrasyon artışıyla kırmızılık artmaktadır. % 0.1 ve % 0.5'lik konsantrasyonlarda İçi boş liflerin yeşilliği daha fazla, % 1, %1.5, % 2 ve % 3'lük boyamalarda ise kırmızılığı daha azdır.

Büyük molekülü boyarmaddeler ile % 0.1, % 0.5 ve % 1'lik boyamalarda her iki lif de yeşil boyutta iken % 1.5, % 2 ve % 3'lük boyamalarda kırmızı boyuta kaymakta ancak küçük ve orta molekülü boyarmaddelerle boyanan liflere göre kırmızılığı düşüktür ve konsantrasyon artışıyla kırmızılık boyutundaki artış daha az olmaktadır. % 0.1 ve % 0.5'lik konsantrasyonlarda İçi boş liflerin yeşilliği daha fazla, % 1, %1.5, % 2 ve % 3'lük boyamalarda ise kırmızılığı daha azdır.

Küçük, orta ve büyük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyamalarda içi boş liflerden elde edilen kumaşların tamamının renk açısı (h) daha düşüktür.

Bu sonuçlar standart liflerle aynı şartlar altında boyanan içi boş liflerde sadece renk koyuluğu daha düşük çıkmadığını, aynı zamanda renk tonunda da dikkate değer değişiklikler meydana geldiğini göstermektedir.

## 5. TARTIŞMA

İçi boş liflerin fizyolojik yapısının farklı olmasından dolayı boya alma ve renk kuvveti özellikleri açısından standart liflere göre boyama farklılıkları gösterebileceği düşüncesiyle bu araştırma yapılmıştır. Böylece ile içi boş liflerin standart liflere göre boyanma özelliklerindeki farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen boya çekim oranları ve hızları (absorbans değerlerinden) ile renk kuvveti (K/S) değerlerine bakıldığında içi boş liflerin boya çekim oranı ve hızında standart liflere göre çok büyük farkların olmamasına rağmen boyalı kumaş numunelerinin renk kuvveti belirgin bir şekilde düşük çıkmıştır. Bu bulgudan yola çıkılarak boyanın liflerin içine işleme durumu (penetrasyonu) ve parlaklık farklılıkları incelenerek renk kuvveti farklılıkları açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır.

Deney sonuçları boyarmadde molekül büyüklükleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, içi boş liflerin banyodan boya çekim hızları standart liflere göre küçük moleküllü boyarmaddelerle boyamalarda belirgin olmakla birlikte bir miktar daha yüksektir. Başlangıçtan (60 °C'den) itibaren içi boş liflerin standart olanlara göre daha erken ve biraz daha hızlı boyarmadde çekimine başladığı ve özellikle 90 °C'den sonra içi boş liflerdeki çekim hızının daha belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Bununla beraber, küçük moleküllü boyarmaddelerin 90 ile 110 °C arasındaki çekim hızları her iki lif için de maksimum seviyede olmaktadır. Orta moleküllü boyarmaddelerde her iki lif için de çekim hızı 90 ile 110 °C arasında en yüksek seviyede olmakla beraber 130 °C sıcaklığa ulaşıncaya kadar çekim hızı yüksek seyretmektedir. Büyük moleküllü boyarmaddelerde ise her iki lif için de 110 °C'den 130 °C sıcaklığa ulaşıncaya kadar boya çekim hızı maksimum seviyede olmaktadır. Molekül büyüklüğü arttıkça boya çekim hızının optimum olduğu sıcaklık değerlerinin artması lif yapısındaki açılmanın boyarmadde molekülüne göre yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır. İçi boş liflerin orta ve büyük moleküllü boyarmaddeleri çekim hızı küçük moleküllü boyarmaddeleri çekim hızındaki kadar belirgin olmamakla birlikte bir miktar daha yüksektir. Ancak bu fark pratik açıdan önemli bir farklılık değildir. Kumaş üzerinden yapılan renk kuvveti (K/S) analizlerinde içi boş lifler

standart liflere göre daha açık görünmektedir ve boya çekim hızında görülen bu küçük farkı açıklamamaktadır.

Yapılan deneylerde elde edilen renk kuvveti değerleri incelendiğinde, standart ve içi boş liflerin renk kuvveti arasındaki en büyük fark küçük molekülü boyarmaddelerle yapılan boyamada olmaktadır. Bu sonuç küçük molekülü boyarmaddelerin farklı difüzyon davranışı nedeniyle içi boş liflere daha erken ve hızlı nüfuz etmesi ile açıklanabilir. Konsantrasyon artışıyla içi boş liflerle standart lifler arasındaki renk kuvveti farkı azalmaktadır. Standart liflerle içi boş lifler arasındaki renk farklılığına (içi boş liflerin daha açık tonda görünmesine) içi boş liflerin fizyolojik yapısının etkisi olduğu kanaatini oluşturmaktadır. Bu renk farkı; içi boş liflerin standart liflere göre yüzey alanının daha fazla olması ve boyarmaddenin lifin iç yüzeylerine kadar nüfuz ederek lifin tüm kesit alanına yayılması ile daha homojen bir dağılımın elde edilmesi ve lif yüzeyine yakın bölgelerdeki boyarmadde molekül yoğunluğunun standart liflere göre daha az olması ile açıklanmaktadır. Boyama adımlarından alınan çözeltilerin absorbans değerleri, kumaş yüzeyinden ölçülen renk kuvveti (K/S) değerleri ve boyalı liflerin enine kesit görünüşleri bu sonucu desteklemektedir. Boyalı standart liflerin enine kesit alanı incelendiğinde boyarmadde moleküllerinin dış yüzey üzerinde yoğunlaştığı ve iç kısımlara kadar aynı konsantrasyonda nüfuz edemediği gözlenmektedir. İçi boş liflerin kesit görünümünde ise boyarmadde molekülleri lifin iç kısımlarına kadar absorblandığı ve lifin tüm enine kesit alanının aynı görünüme sahip olduğu görülmektedir.

Standart ve içi boş lifler renk farklılıkları açısından değerlendirildiğinde parlaklık (brightness), L (açıklık-koyuluk) ve % reflektans değerleri içi boş liflerde önemli oranda yüksektir. Boyanmamış kumaş ve kartela numuneleri üzerinden yapılan parlaklık ölçümlerinde içi boş liflerin kayda değer oranda parlaklığının yüksek olduğu ve bu sayede ışığı yansıtma özelliğinin daha iyi olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla ışığı daha fazla yansıtan içi boş liflerden yapılan kumaş numuneleri boyandığında daha açık görünmekte ve renk kuvveti bir miktar düşmektedir. Bu parlaklık farkı, liflerin hemen hemen aynı oranda boya almasına karşılık içi boş liflerin daha açık görünmesinin en önemli nedenlerinden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Boyalı kumaş numunelerinden yapılan renk ölçümlerinde de içi boş liflerin parlaklık (brightness), % reflektans ve L değerinin yüksek olması ışığı

yansıtma özelliğinin daha iyi olması anlamına gelir ki, bu sonuçlar da renk kuvvetinin (K/S) daha düşük olmasında zemin (ham lif) parlaklığının etkisinin olduğunu desteklemektedir. Sarılık-mavilik (b) boyutu ve renk doygunluğu (C) sonuçları genel olarak içi boş liflerin daha mavi yönde ve daha yüksek doygunlukta boyandığını göstermektedir. Kırmızılık-yeşillik (a) boyutunda ise bütün boyama sonuçlarında içi boş liflerden elde edilen kumaşların kırmızılığı daha düşüktür. Bu sonuçlar standart liflerle aynı şartlar altında boyanan içi boş liflerde sadece renk koyuluğu daha düşük çıkmadığını, aynı zamanda renk tonunda da dikkate değer değişiklikler meydana geldiğini göstermektedir.

Küçük moleküllü boyarmaddelerle boyanmış içi boş liflerden elde edilen kumaş numunelerinin maviliği ve renk doygunluğu daha yüksek olmasına rağmen orta ve büyük moleküllü boyarmadde ile boyanmış kumaş numunelerinde tam aksine maviliği ve renk doygunluğu daha yüksektir. Küçük, orta ve büyük moleküllü boyarmaddelerle yapılan boyamaların tamamında içi boş liflerden elde edilen kumaşların renk açısı (h) daha düşüktür.

Küçük ve orta moleküllü boyamalarda konsantrasyon artışıyla mavi-sarı boyutta önemli bir değişiklik olmazken büyük moleküllü boyarmaddelerle yapılan boyamalarda konsantrasyon artışıyla mavilik ve doygunluk azalmaktadır.

Küçük orta ve büyük moleküllü boyarmaddelerle yapılan boyama sonuçlarında standart ile içi boş liflerin yıkama haslıkları arasında fark yoktur. Asetat ve polyesterin lekelenmesi her iki lif içinde aynı iken nylon 6.6'nın lekelenmesi ½ derece daha yüksektir. % 2'lik boyamalarda % 1'lik boyamalara göre her iki lifin haslık değerleri ½ derece düşmektedir. Standart liflerin % 1'lik boyamada sahip renk koyuluğuna içi boş liflerde yaklaşık % 2'lik boyamada ulaşıldığı için aynı renk koyuluğuna sahip standart ve içi boş liflerin yıkama haslığı değerleri karşılaştırıldığında içi boş liflerin haslıkları ½ derece daha düşüktür.

Sonuç olarak standart ve içi boş PET liflerinin boya çekim hızları ve banyodan alınan boya oranları arasında belli dereceye kadar farklar olmasına rağmen, bu farklar pratik açıdan dikkate değer seviyede değildir. Dolayısı ile aynı prosesleri ile boyanabilmeleri mümkündür. Buna karşılık, aynı boyarmadde konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda içi boş lifler standart liflere göre ortalama % 10-60 arasında daha açık renkli



boyanmaktadırlar. Bu nedenle içi boş liflerin aynı numaradaki standart liflere göre aynı renk tonunda boyanması için daha yüksek oranda boyarmadde kullanılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

ANİŞ P., YILDIRIM F., 2002. "Poliester Boyamada Farklı Asitlerin Kumaş Kalitesi ve Çevre Yüğü Üzerine Etkileri", Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi" Nisan - Haziran 2002. s.96.

ANİŞ. P. 1998. "Tekstil Ön Terbiyesi", Alfa Yayınları. s.170-192.

ANİŞ P., EREN. H.A. 2001. "Poliesterlerin Alkali Ortamda Boyanması: Mevcut Teknolojinin Gözden Geçirilmesi" Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi" Temmuz - Eylül 2001. s.159-163.

BAŞER İ., İNANICI Y.1990. "Boyarmadde Kimyası", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını. s.53.

BAŞER İ., 2002. "Elyaf Bigisi", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını.s.139-143.

BECERİR B., 2000. "Polyester Mikrolif Boyama Teknolojisinde Yöntem Belirlenmesi ve Eğilimlerinin İncelenmesi" , Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

BEYREUTHER R., HOFFMAN H. 1997. Melt spinning of Hollow Fibers, Chemical Fibers International, 47, p.54-58.

DAVIS D., 1996. Textile Fiber, Dyes, Finishes and Processes by Howard L.Needles California. p.195-211.

LENNOX-KERR P. 2001. Hollow PEEK fibers, Chemical Fibers International, Volume 51, p.193.

LİNSBAUER H. 1999. New Polypropilene Hollow Fiber and its Applications in Carpets, Chemical Fibers International , Volume 49, p.390-392.

ÖNER E. 1999. "Boyama Teknolojisi 2 ", Marmara Üniversitesi Yayını. s.11-40.

ROGNANI U. 1999. PA Hollow Fiber for Apparel, Chemical Fibers International, 49/6, p.506.

ROVERE A. ve ark., 2002. The Influence of Processing Parameters on the Properties of Melt- Spun Polypropylene Hollow Fibers, Journal of Applied Polymer Science, Vol.83, p. 1759-1772.

SAÇAK M. 2002. "Polimer Kimyası", Gazi Kitap Evi, Ankara .196 s.

SAÇAK M. 2002. "Lif ve Elyaf Kimyası", Gazi Kitap Evi, Ankara.143-144.

SEVENTEKİN N. ve ark. 2001. "İçi Boş Kanallı Yapıdaki Lifler", Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 2/2001. s.9.

SYANG-PENG R. 2001. Formation of Hollow Fibers in the Melt-Spinning Process, Journal of Applied Polymer Science, Vol.82, p. 2896-2902.

SONNENSCHNEIN M.F. 2001. The Dow Chemical Company, Corporate Research and Development, Midland, Michigan 48674. 2001.

TARAKÇIOĞLU I. 1986. "Polyester Liflerinin Üretimi ve Terbiyesi", Tekstil Terbiyesi ve Makinaları, Cilt 3. s.275-540.

TAE H., ve ark., 1997. Studies on Melt-Spinning Proses of Hollow Fiber ,Department of Fiber and polmer Scence, College and Engineering, Seoul National University. p. 1209-1217.

YOSHIOKA K, AKIBA E. 2001. Multi Hollow PET Filaments for Light-Weight Yarns, Chemical Fibers International, Volume 51, p.418-420.

<http://www.imagegroup.com.tr/tr/indexmiddle-dosyalar/ürünler/boya.asp>

[http://pep.sric.sri.com/Public/Reports/Phase\\_98/RP190C/RP190C.html](http://pep.sric.sri.com/Public/Reports/Phase_98/RP190C/RP190C.html) 6/25/2002

<http://poy-yarn.com/index-frameset.htm>

<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/ntcprojects/projects/F02-NS05/>

## EK 1. VARYANS ANALİZ SONUÇLARI

**Ek 1.1.** Standart ve İçi Boş Liflerin Renk Kuvvetlerinin (K/S) İncelendiği Boyama Deneylerine Ait Varyans Analiz Sonuçları (Çizelge 4.2.1-4.2.6 ve Şekil 4.7-4.12)

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, BV: Beklenen varyans, F: F değeri, P: İhtimal

### Üç Faktörlü Tesadüfi Dağılımlı Blok Varyans Analizi

**Değişken: K/S**

Varyans Kaynağı	KT	SD	BV	F	P
Blok	4203,49	5	840,69	92,77	.0000***
<b>Faktörler</b>					
Lif	157,26	1	157,26	17,35	.0001***
Boya	135,29	2	67,64	7,46	.0014**
Konsantrasyon	65,64	1	65,64	7,24	.0094**
<b>Faktörler arası ilişki</b>					
Lif x boya	4,002	2	2,001	0,22	.8026 ns
Lif x konsantrasyon	0,412	1	0,412	0,045	.8318 ns
Boya x konsantrasyon	57,27	2	28,63	3,16	.0502 ns
Lif x boya x konsantrasyon	3,22	2	1,61	0,17	.8376 ns
Hata	498,39	55	9,06		
Toplam	5125,009	71			

### Student-Newman-Keuls Testi

**Faktör: Lif**

EMS: 9,06

SD:55

SB: 0,05

LSD.05: 1,42

Sıralama	Faktör	Ortalama	n	Sonuç
1	1	12,72	36	a
2	2	9,76	36	b

**Student-Newman-Keuls Testi****Faktör:** Boya

EMS: 9,06

SD:55

SB: .05

LSD.05: 1,74

Sıralama	Faktör	Ortalama	n	Sonuç
1	3	12,71	24	a
2	2	11,60	24	a
3	1	9,41	24	b

**Student-Newman-Keuls Testi****Faktör:** Konsantrasyon

EMS: 9,06

SD:55

SB: .05

LSD.05: 1,42

Sıralama	Faktör	Ortalama	n	Sonuç
1	2	12,19	36	a
2	1	10,28	36	b

**Ek 1.2.** Standart ve İçi Boş Liflerin Boya Alma Özelliklerinin İncelendiği Boyama Deneylerine Ait Varyans Analiz Sonuçları (Çizelge 4.1.1-4.1.6 ve Şekil 4.1-4.6)

**Üç Faktörlü Tesadüfi Dağılımlı Blok Varyans Analizi****Değişken:** Absorbans

Varyans Kaynağı	KT	SD	BV	F	P
Blok	70,25	5	1405,08	17,41	.0000***
<b>Faktörler</b>					
Lif	3,94	1	3,94	0,048	.8258.ns
Boya	1590,96	2	795,48	9,85	.0002***
Konsantrasyon	1574,72	1	1574,72	19,51	.0000***
<b>Faktörler arası ilişki</b>					
Lif x boya	1,895	2	0,947	0,011	.9883 ns
Lif x konsantrasyon	3,67	1	3,67	0,045	.8319 ns
Boya x konsantrasyon	403,55	2	201,77	2,50	.0913 ns
Lif x boya x konsantrasyon	1,686	2	0,84	0,01	.9896 ns
<b>Hata</b>	<b>4438,63</b>	<b>55</b>	<b>80,70</b>		
<b>Toplam</b>	<b>15044,48</b>	<b>71</b>			

**Student-Newman-Keuls Testi****Faktör:** Lif

EMS: 80,70

SD:55

SB: .05

LSD.05: 4,24

<b>Sıralama</b>	<b>Faktör</b>	<b>Ortalama</b>	<b>n</b>	<b>Sonuç</b>
1	1	10,20	36	a
2	2	9,73	36	a

**Student-Newman-Keuls Testi****Faktör:** Boya

EMS: 80,70

SD:55

SB: .05

LSD.05: 5,19

<b>Sıralama</b>	<b>Faktör</b>	<b>Ortalama</b>	<b>n</b>	<b>Sonuç</b>
1	2	14,51	24	a
2	3	11,90	24	a
3	1	3,49	24	b

**Student-Newman-Keuls Testi****Faktör:** Konsanrtasyon

EMS: 80,70

SD:55

SB: .05

LSD.05: 4,24

<b>Sıralama</b>	<b>Faktör</b>	<b>Ortalama</b>	<b>n</b>	<b>Sonuç</b>
1	2	14,64	36	a
2	1	5,29	36	b

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimine başladığım günden bu güne kadar büyük özveri ile beni her konuda aydınlatan ve sonunda da bu tezi bitirmemde büyük emeği olan sayın danışmanım Doç. Dr. Mehmet KANIK Bey'e teşekkür ederim.

Almış olduğum yüksek lisans eğitiminde, edindiğim bilgi birikiminde büyük paya sahip bölümdeki bütün hocalarıma teşekkür ederim. Deneysel çalışmamda yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Yusuf ULÇAY hocama, Korteks Kalite Kontrol Şefi Kemal GİRAY'a ve Kimya Laboratuvarı şefi Hüseyin UZUNOĞLU'na ve Laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Deney çalışmalarım için Laboratuvarlarını esirgmeyen Nil-Ba Tekstil Sahibi Özcan Bey, Bilhan tekstil sahibi Mustafa Bey ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm eğitim-öğretim hayatımdaki özverili yardımları, anlayışları ve destekleri için değerli aileme ve tez çalışmalarımnda büyük desteği olan sevgili eşime teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Balıkesir'de doğdu. İlkokulu Emirler Köyü İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu Bigadiç Cumhuriyet Lisesi'nde ve liseyi Balıkesir Muharrem Hasbi (Koray) Lisesi'nde bitirdi. 1997 yılında girdiği Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Terbiye Öğretmenliği Bölümü'nden 2001 yılında mezun oldu. 2003 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. Halen aynı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.