



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



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

**Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi İle Üretilen Polipropilen Filament İpliklerin Mekanik, Yapısal ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi**

**Investigation of the Mechanical, Structural and Color Properties of Polypropylene Filament Yarns Containing Flame Retardant Additive**

Selcen ÖZKAN HACIOĞULLARI<sup>1</sup>, Osman BABAARSLAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 01330, Sarıçam/Adana, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Haziran 2022 (30 June 2022)

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

Selcen ÖZKAN HACIOĞULLARI, Osman BABAARSLAN (2022): Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi İle Üretilen Polipropilen Filament İpliklerin Mekanik, Yapısal ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 29: 126, 50-59.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/1300759920222912602>

***Arastırma Makalesi / Research Article***

# GÜÇ TUTUŞURLUK KATKI MADDESİ İLE ÜRETİLEN POLİPROPİLEN FİLAMENT İPLİKLERİN MEKANİK, YAPISAL VE RENK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Selcen ÖZKAN HACIOĞULLARI<sup>1\*</sup>   
Osman BABAARSLAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 01330, Sarıçam/Adana, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 22.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 01.06.2022

**ÖZ:** Filament iplik üretim işletmelerinde gerçekleştirilen temel yapısal ve mekanik testler ile ürün kaliteleri ve son kullanım alanları belirlenmektedir. Bu testlerden bazıları mukavemet ve kopma uzaması testi, düzgünsüzlük testi ve renk değerlerinin tespiti testidir. Üretilen her bir filament iplik bobininin belirlenen bu temel yapısal ve mekanik özellikleri sağlaması gerekmektedir. Ayrıca son yıllarda fonksiyonel kalıcılık adına değişik özellikler için katkı maddesi ilave edilmiş filament iplik yapıları da üretilmektedir. Bu tür üretimlerde iplik özelliklerindeki (mekanik ve yapısal) değişimin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, seçilmiş bir güç tutuşurluk (FR) katkı maddesinin PP cips ile farklı oranlarda karıştırılmasıyla filament iplik üretimleri gerçekleştirilmiş ve katkı maddesi oranının filament iplik yapısal, mekanik ve renk özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda, ipliklerin mukavemet, kopma uzaması, düzgünsüzlük gibi mekanik ve yapısal özelliklerinin belirgin seviyede ve belirli bir yönde (düzenli bir artış veya azalış) değişmediği, renk (parlaklık/sarıklık) değerlerinin ise fark edilir düzeyde değiştiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen filament, güç tutuşurluk, mekanik özellikler, renk/parlaklık özellikleri

## INVESTIGATION OF THE MECHANICAL, STRUCTURAL AND COLOR PROPERTIES OF POLYPROPYLENE FILAMENT YARNS CONTAINING FLAME RETARDANT ADDITIVE

**ABSTRACT** Product qualities and end-use areas are determined by fundamental structural and mechanical tests carried out in filament yarn production plants. Some of these tests are tenacity and breaking elongation, unevenness and determination of color properties. The produced filament yarn bobbins must have the these specified fundamental structural and mechanical properties. In addition, in recent years, filament yarn structures with additives added for different properties can be produced for permanent functionality. It is also necessary to determine the change in yarn properties (mechanical and structural) in these type productions. In this study, filament yarn productions were carried out by adding a selected flame retardant (FR) additive to the polypropylene (PP) chips structure at different rates and the effects of the additive ratio on the structural, mechanical and color properties of the filament yarn were investigated. At the end of the study, it was determined that the mechanical and structural properties of the yarns such as tenacity, breaking elongation, and unevenness did not change significantly and in a certain direction (regular increase or decrease), but the color values changed significantly.

**Keywords:** Polypropylene filament, flame retardant, mechanical properties, color/brightness properties.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: selcenozkhan@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.7216/1300759920222912602>

[www.tekstilvemuhendis.org.tr](http://www.tekstilvemuhendis.org.tr)

## 1. GİRİŞ

Sentetik filament iplikler üretimleri esnasında yapılarına eklenen çeşitli katkı maddeleri ile fonksiyonel özellikler (güç tutuşurluk, UV dayanımı, antibakteriyellik, vb.) kazanabilmektedir. Bu konuda literatürde birçok çalışmaya ulaşılabilmektedir [1-8]. Bu tür fonksiyonel filament ipliklerde bu teknik özellikler öne çıksa da, öncelikle bazı temel yapısal ve mekanik özellikleri sağlamaları gerekmektedir. Bu konuda 2010 yılında Erdem ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada, filament ipliklerin SEM görüntüleri incelenmiş ve katkısız PP lif yüzeylerinin düz ve pürüzsüz olduğu, nano partikül katkıları içeren diğer liflerin ise düz olmayan yüzeylere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, nanopartikül katkı maddelerinin artan oranı ile lif yüzeyi boyunca yer alan pürüzlerin/düzensüzlüğün arttığı da belirlenmiştir [9]. Salaün ve diğerleri tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmada ise, in-situ polimerizasyon yöntemi ile alev geciktirici mikrokapsüller hazırlanmış ve bir PP matrisine karıştırılmıştır. Sonrasında, üretilen bu multi-filamentler ile alev geciktirici örme kumaşlar üretilmiştir. Çalışmada mikropartiküller ile izotaktik PP matris arasındaki partiküllerin varlığından kaynaklanan arayüzey geriliminde önemli bir artış olduğu SEM analiz görüntüleri ile belirlenmiştir [10]. Bu çalışma sonuçları, katkı maddesi kullanımı ile istenilen fonksiyonel özelliklere sahip ürünlerin başarılı bir şekilde üretildiğini ancak katkı maddelerinin ürünlerin yapısal ve mekanik özelliklerinde (mukavemet, kopma uzaması, pürüzlülük vb.) olumsuz etkilere neden olduğunu da göstermektedir. Örneğin, 2010 yılında Selver tarafından yapılan bir çalışmada nano-partikül katkılı PP monofilament iplikler üretilmiş ve bu ipliklerin mukavemet test sonuçları incelenmiştir. Çalışma sonuçları, nanoparçacık aglomerasyonlarının filament iplik mukavemeti üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. [11]. Arık ve arkadaşlarının 2013 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada ise, farklı tipte poliester (PET) ipliklerinin termogravimetrik, mikroskopik ve mekanik özellikleri incelenmiş ve sonrasında bu özellikler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, poliester esaslı normal PET ipliği ve çeşitli özellikler (güç tutuşurluk, ultraviyole koruyuculuk ve antibakteriyel) kazandırılmak için modifiye edilmiş PET iplikleri ve polibütilentereftalat (PBT) ipliği seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, normal PET ipliği ile kıyaslandığında, PBT ipliğinin daha düşük TDI (Initial Degradation Temperature-Başlangıç Degradasyon Sıcaklığı) değerine, daha yüksek kömürleşmiş kalıntıya, daha düşük kopma mukavemetine ve benzer yüzey özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Modifikasyon işlemleri arasında ise yalnızca güç tutuşurluk işleminin termal özellik üzerinde değişikliğe sebep olduğu anlaşılmıştır [12]. Erem ve Güler'in 2015 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, TiO<sub>2</sub> katkılı PP nanokompozit liflerinin üretimi ve özellikleri incelenmiştir. Eriyikten çekim metodu kullanılarak kütlece %0; 0,5; 1; 3; 5 oranlarında TiO<sub>2</sub> nanotaneçikler içeren nano kompozit lifler laboratuvar tipi çift vidalı mini ekstrüderde üretilmiştir. Üretilen liflerin ısı özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termal

gravimetrik analiz (TGA) yöntemleri ile belirlenirken, numunelerin kristal yapıları X-ışını difraksiyon (XRD) testleri ile tespit edilmiştir. SEM ve mukavemet testleri ile liflerin morfolojik ve mekanik özellikleri saptanmıştır. XRD testlerinin sonuçlarına göre numunelerin yarı kristal yapıda ve  $\alpha$  formda kristaller içerdiği görülmüştür. Nanotaneçiklerin eklenmesi ile PP matrislerin mekanik özellikleri yükselmiştir. PP matrislere eklenen TiO<sub>2</sub> nanotaneçikler liflerin kopma gerilimlerinde ve Young modüllerinde anlamlı bir artışa sebep olmuştur. Bu durum, polimer matris içinde homojen dağılan TiO<sub>2</sub> nanotaneçiklerin yüksek miktarda ara yüzeyler oluşturarak life uygulanan gerilimin yapı içinde dengeli dağılmasını sağlaması ile açıklanmıştır [13]. Tüm bu çalışmalar katkı maddesi kullanımlarının ürünlerin yapısal ve mekanik özelliklerini etkilediğini göstermektedir.

Filament ipliklerin öne çıkan bir diğer yapısal özelliği ise, renk değerleridir. Ürünlerin renk değerlerinin belirlenme amaçları; renklerin refleksiyon değerlerinin, boyama verimliliklerinin, beyazlık derecelerinin saptanması, boyama reçetelerinin hazırlanması, renk farklılıklarının saptanması ile kalite kontrollerinin yapılması ve boya/basma dairelerinin seri ve güvenli bir şekilde yönetilmesi şeklinde sıralanmaktadır [14]. Dolayısıyla, sentetik filament iplikler filament iplik kullanım alanına yani son ürün özelliklerine göre belirli temel renk ölçüm değerlerine sahip olmalıdır. Bunun için ürünler renk değerlerinin ölçümü testlerine tabii tutularak, temel renk ölçüm değerleri olan; L: aydınlık, a: kırmızılık-yeşillik ve b: sarılık-mavilik elde edilmektedir. Bu değerlerin belirlenmesi önemli görülmektedir. Çünkü iplik bobinlerinde istenmeyen renk değerleri sonraki üretim aşamalarında iplik ve kumaş yüzeyinde ton farklılıklarına sebep olabilmektedir. Ayrıca, son kullanım alanına göre ürün işlenip boyandığında kumaş üstünde farklı tonda iplikler ve/veya abraj problemleri de görülebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı iplik bobinlerinin belirlenmiş/istenmiş olan L, a, b renk değerlerine sahip olmaları, iplik kalite değerlerinin sağlanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu konuda literatür incelendiğinde, Koç ve Yılmazın 2020 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri, katkısız PET (referans PET) ve hidroksefenil triazin (HPT) türevi ticari bir katkı malzemesi olan Tinuvin 1577 ED ile UV ışımaya karşı direnci artırılmış PET (katkılı PET) iplik ve bu iplikler kullanılarak dokunmuş kumaşlara 1000 saat süre ile uygulanmıştır. Her 250 saatte bir numunelerin kopma mukavemeti, kopma uzaması ve renk değişimi özellikleri ölçülmüştür. Şartlandırma testlerinden önce yapılan çekme deneyleri katkı maddelerinin PET ipliklerin kopma mukavemetlerini azaltıp, kopma uzaması değerlerini arttırdığını, dolayısı ile mekanik özellikler üzerinde olumsuz bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Ancak 1000 saatlik dış ortam şartlandırma testlerinin sonunda bu katkı maddelerinin, UV ışımının PET iplik ve kumaşların mekanik özellik ve renk değişimi üzerindeki olumsuz etkisini belirgin bir oranda azalttığı tespit edilmiştir [15]. Söz konusu bu çalışma UV ışımaya ile ilgili

olduğu için ürünlerdeki renk değişimleri de incelenmiştir. Ayrıca, literatür sentetik liflerin renk değerlerine etki eden faktörler konusu özelinde incelendiğinde, bu konuda yapılan çalışmaların çoğunlukla; iplik, kumaş, vb. tekstil ürünlerinin yapısal özelliklerinin (iplik inceliği, iplik sıklığı, yüzey pürüzlülüğü, kumaş yüzey özellikleri, vb.) renk özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi şeklinde olduğu görülmektedir [16-19]. Ayrıca, kumaşlara uygulanan bazı bitim işlemlerinin kumaş renk özelliklerine etkisi konusunda da literatür bilgisine ulaşılmıştır [20]. Yapılmış olan bu çalışma ile sentetik iplik üretimlerinde kullanılan katkı maddelerinin ürün renk değerlerine etkisi konusunda literatüre katkı sunmak amaçlanmıştır. Literatürde lif üretiminde UV katkı maddesi dışında sıklıkla kullanılan FR, antibakteriyel, vb. katkı maddelerinin ürün renk değişimlerine olan etkisi noktasında yapılmış çalışmalara ulaşılamamıştır. Bu çalışmada %1, %2, %3, %4, %5, %6, %7 ve %8 oranlarında FR katkı maddesi ilavesi ile PP filament iplik üretimleri gerçekleştirilmiş ve bu ipliklerin seçilmiş özellikleri ile birlikte renk özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, katkı maddesi mevcudiyetinin ve oranının filament iplik renk değerleri (L, a ve b) üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada üretilen katkısız PP ile %1'den %8'e kadar katkılı PP filament ipliklerdeki renk ve parlaklık değişikliklerin dikkat çekici olduğu gözlemlenmiş ve sonrasında bu fark test sonuçları ile belirlenmiştir. Söz konusu bu renk değişikliklerinin özellikle ipliğin kumaş haline getirilme ve boyanma aşamalarında (bu tür PP filament iplikler tekstüre sonrası delikli masuralar üzerinde boyama işlemine tabii tutulabilmektedir) renk tonu farklılıklarına ve istenilen parlaklık-matlık seviyesine sahip olmasını engelleyebileceği bilinmektedir. Bu sebeplerden dolayı çalışma kapsamında gerçekleştirilen mekanik (mukavemet, kopma uzaması ve düzgünlük testleri) ve yapısal özellikleri belirleme (SEM görüntüleri vb.) testlerine ilave olarak ipliklerin renk değerlerinin belirlenmesine yönelik de detaylı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Malzemenin nihai kalite özellikleri üzerinde önemli seviyede etkisi olduğu görünen renk değerlerinin incelenmesi, bu çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

Çalışmada hammadde olarak ticari şekilde bulunabilen polipropilen polimer cips (Sabic PP 518P) ve güç tutuşurluk (FR) sağlayan bir katkı maddesi kullanılmıştır. Kullanılan izotaktik PP homopolimer maddenin eriyik akış oranı (MFI) 24 gr/10 dk (230°C&2.16 kg Load Density) ve yoğunluğu 905 kg/m<sup>3</sup>dür. Bu PP cipsine ait temel özellikler Tablo-1'de verilmiştir.

Fosfor esaslı güç tutuşurluk maddeleri, tekstil sektöründe sıklıkla kullanılan ve etkili koruyuculuğa sahip katkı maddeleridir. Bu katkı maddeleri ile daha az yanan uçucu madde ortaya çıkmakta ve daha çok kül oluşturmak için piroliz mekanizması

değiştirilerek etkili bir güç tutuşurluk sağlanmaktadır [6]. Bu avantajlı yönlerinden dolayı, PP filament ipliklere güç tutuşurluk özelliği kazandırmak için ticari olarak bulunabilen bir organofosfonat esaslı FR katkısı (CESA-Flam CFR1) kullanılmıştır. PP Polimer cips ile FR katkı maddesi, etkinlik düzeyini gözlemleyebilmek adına, belirli oranlarda (% 99/1, % 98/2, % 97/3, % 96/4, % 95/5, % 94/6, % 93/7 ve % 92/8) karıştırılmıştır. Ayrıca, filament üretimi sırasında yardımcı kimyasal olarak; düze çıkışından sonra lif-metal ve lif-lif sürtünmelerini ve filamentlerin birbirine yapışmasını önlemek için bir yardımcı kimyasal madde olan spin-finish yağı (Polymast-MKL) kullanılmıştır.

Bu çalışmaya esas oluşturmuş olan tez çalışmasının materyallerini, katkısız PP örme kumaş ile %1'den %8'e kadar FR katkısı içeren örme kumaş numuneleri oluşturmuştur. Çalışmada gerçekleştirilen limit oksijen indeksi (LOI) test sonuçları incelendiğinde, katkısız PP örme kumaş numunesinin LOI değerinin 19 olduğu, %1 FR katkı maddesi ilavesiyle kumaşların güç tutuşurluk özelliklerinin önemli seviyede arttığı görülmüştür. Test sonuçlarına göre %5 katkı oranındaki numunelerin LOI değerlerinin 28 olduğu ve katkı maddesi miktarının %7'e çıkmasıyla da bu değer 30'a yükseldiği görülmüştür [6]. Ayrıca, bu kapsamda literatür incelendiğinde, 25-28 arasındaki LOI değerine sahip ürünlerin "Yavaş Yanan (Slowly Flammable)", LOI değeri 30 olan ürünlerin ise "Kendi kendini söndürebilir (Self-Extinguishing Material)" olarak isimlendirildiği görülmüştür [21, 22]. Çalışmada %7 ve %8 FR katkı ilavesi ile kendi kendini söndürebilir özelliğe ulaşıldığından bu oran çalışmadaki maksimum katkı oranı olarak belirlenmiştir.

### 2.2 Metot

PP filament iplikler, laboratuvar tipi filament iplik makinesinde eriyikten çekim yöntemi esas alınarak üretilmiştir. PP polimer cips ve FR katkı maddesi makine üzerinde yer alan tek vidalı bir ekstrüderin besleme haznesinden sisteme beslenmiştir. Güç tutuşurluk katkı maddesi polipropilen hammaddesi ile besleme haznesine belirlenen oranlarda ve granül formda beslenmiştir. PP cipsi güç tutuşurluk katkı maddesi ile %1'den %8'e kadar değişen oranlarda ekstrüderde karıştırılmış ve katkılı filament iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilmiş olan polimerik malzemenin istenilen seviyede homojen bir yapıya sahip olabilmesi için üretimlerde kullanılan ekstrüder dört bölgeden ısıtılmalı olup ekstrüder proses sıcaklığı da bu bölgelerde kademeli olarak artırılmıştır ve vida boyunca sıcaklık 220°C-245°C aralığında ayarlanmıştır. Üretimde kullanılan volumetrik basınç pompası da dakikada 350 cm<sup>3</sup> polimer eriyiğini düzelerle beslemiştir. Sonrasında, düzelerden basılan sıcak eriyik soğuk hava kabini etkisi ile katılaştırılmıştır. Çekim öncesi filamentlerin yüzeyine spin finish yağı aplike edilmiş ve daha sonra filamentler sıcak godetlerde çekim işlemine tabii tutulmuştur. Çekim işleminin

gerçekleştirildiği birinci godetin hızı 400 rpm iken çıkış godetin hızı 800 rpm'dir, dolayısıyla filament üretiminde çekim oranı 2 olarak belirlenmiştir. Son olarak sarım ünitesinde filament iplik bobinleri oluşturulmuştur. Ayrıca, üretimler sırasında etkileri araştırılmak istenen FR katkı maddesi oranı dışındaki diğer tüm üretim parametreleri sabit tutulmuştur. PP filament ipliklerin üretim parametreleri Tablo-2'de verilmiştir.

İpliklerin yapı ve özelliklerini belirlemek için mukavemet-kopma uzaması, düzgünlük ve renk değerlerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Filament iplik numuneleri testlerden önce standart atmosfer koşulları olan 20°C±2 sıcaklık ve %65±2 bağıl nemde 24 saat süresince şartlandırılmıştır. Mukavemet-Uzama testleri Uster Tensorapid-3 test cihazı ile BS EN ISO 2062, 1995 test standardına göre ve düzgünlük testi de Uster Düzgünlük Ölçüm cihazı ile DIN 53817-1 test standardına göre yapılmıştır [23, 24]. Çalışmada yer alan her bir iplik bobininden 3 replikasyon olarak üretim gerçekleştirilmiştir ve her bir numuneye mukavemet testi 5 tekrarlı olarak yapılmıştır. Dolayısıyla, mukavemet test sonuçları her bir numune için 15 tekrarın ortalamasıdır. Rothschild Entanglement Tester R-2070 test cihazı ile "Internal Method"a göre intermingling testi de gerçekleştirilmiştir. Bu test ile filamentlerin metredeki punta sayısı belirlenmiştir.

Çalışmada, filament iplik bobinlerine Hunter-Lab LabScanXE test cihazı ile renk ölçüm testi uygulanmıştır. Test her bir bobinde ve elde edilmek istenen renk değeri için üçer defa tekrar edilerek bu sonuçların ortalaması alınmıştır. Ayrıca, her iplik bobininden üç replikasyon üretildiği için belirlenen renk değerleri dokuz ölçüm sonucunun ortalamasıdır. Test sonunda her bir iplik bobinine ait L, a, b renk ölçüm değerleri elde edilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. PP Filament İpliklerin Yapısal ve Mekanik Özellikleri

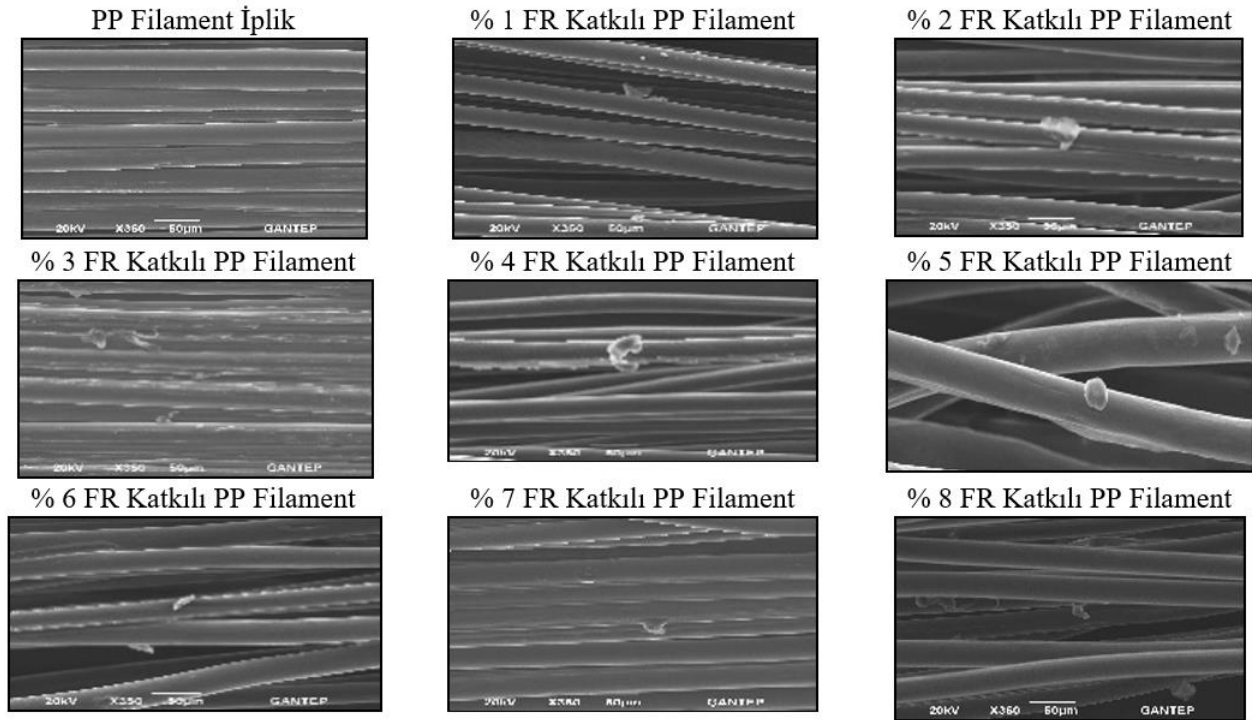
FR katkı maddesi ile düşükten-yükseğe farklı oranlarda (% 99/1, % 98/2, % 97/3, % 96/4, % 95/5, % 94/6, % 93/7 ve % 92/8) karıştırılarak yapılan üretimlerde, diğer üretim parametreleri daha önce belirtildiği gibi hassasiyetle sabit tutulmuştur. Öncelikle %100 PP referans iplik üretilmiş ve sonrasında FR katkı maddeli PP filament iplikler üretilmiştir. Üretilmiş olan iplikler 144 filamentli olup doğrusal yoğunluk değerleri 918 denye olarak hesaplanmıştır ve round/dairesel enine kesit şekline sahiptir. PP filamentlerin yüzey morfolojisi 20 kV gerilimde Taramalı Elektron Mikroskopu-SEM (Jeol JSM-6390 LV) yardımıyla incelenmiştir. Söz konusu SEM görüntüleri ve ilgili test sonuçları Şekil 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan PP cips özellikleri [6]

Özellikler	Değer	Standart
<b>Resin Özellikleri</b>		
Eriyik Akış Oranı-Melt Flow Rate (MFI) (230°C&2.16 kg Load Density) ve Yoğunluk	24 g/10 dk 905 kg/m <sup>3</sup>	ASTM D 1238 ASTM D 792
<b>Mekanik Özellikler</b>		
Gerilme Dayanımı	32 MPa	ASTM D 638
Gerilme Uzaması	%12	ASTM D 638
Eğilme Modülü	1550 MPa	ASTM D 790A
Notched Izod Darbe Dayanımı	30 J/m	ASTM D 256
Rockwell Sertlik, R-Scale	100	ASTM D 785
<b>Termal Özellikler</b>		
Vicat Yumuşama Noktası	152°C	ASTM D 1525B
Isıl Bozulma Sıcaklığı (455 kPa)	118°C	ASTM D 648

**Tablo 2.** PP filament ipliklerin üretim parametreleri

Ekstrüder Parametreleri		Çekim Ünitesi Parametreleri	
Bölge-1 Sıcaklığı	220°C	Godet-1 Hızı	390 dv/dk
Bölge-2 Sıcaklığı	240°C	Godet-2 Hızı	400 dv/dk
Bölge-3 Sıcaklığı	245°C	Godet-3 Hızı	800 dv/dk
Bölge-4 Sıcaklığı	245°C	Godet-4 Hızı	680 dv/dk
Ekstrüder Hızı	143 dv/dk	Godet-5 Hızı	680 dv/dk
Ekstrüder Basıncı	6,6 bar	Tekstüre Tamburu Hızı	400 dv/dk
Pompa Hızı	70 dv/dk	Sarıcı Hızı	2050 dv/dk



Şekil 1. FR Katkılı PP filament ipliklerin SEM görüntüleri [6]

Şekil 1'den de görüleceği gibi katkısız PP filament iplikler düz ve pürüzsüz bir yapıya sahipken, FR katkısı ile üretilen filament ipliklerin yüzeylerinde yapıya tam olarak entegre olamamış katkı maddelerinin neden olduğu topaklar görülmektedir. Yapıya tam olarak kazandırılmamış olan bu topaklanmaların filament iplik yüzeylerinde aglomerasiyona yol açtığı görülmüştür.

Çalışmada kullanılan FR katkı maddesinin filament yüzeyinde yayılımını ve yüzey üzerinde herhangi bir topaklanma/birikim oluşumu olup olmadığını gözlemek için SEM cihazında X350 büyütme oranında iplik boyunca yüzey görüntüleri oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 1). Bununla birlikte, test çalışması kapsamında üretilmiş olan bu numunelerin camsı geçiş sıcaklığı, erime, kaynama, kristallenme ve termal bozunma yapılarının incelenmesi ve % kristalin bölge oranlarının belirlenmesi, özellikle katkı maddesinin malzemede meydana getirdiği yapısal özelliklerin analizi için önem arz etmektedir [1, 25, 26]. Bu kapsamda bu çalışmanın materyalini oluşturan numunelere DSC test cihazı ile çeşitli analizler yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır [6]. Söz konusu bu çalışma konusu, sonraki makale çalışması olarak hazırlanmaktadır.

Katkı maddesi oranına göre PP filament ipliklerin mukavemet-kopma uzaması ve düzgünlük değerlerindeki değişim Tablo-3'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, yapıdaki katkı maddesi oranına bağlı olarak filament mekanik özelliklerinin bir miktar değiştiği ancak bu değişimin belirli bir yönde (düzgün bir artış ya da azalış) olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, filament ipliklerin metredeki punta sayısı 9-12 adet aralığında belirlenmiştir.

Sonuçlar, tekstil sektöründe üretilen benzer yapıdaki ipliklerin kullanım alanları için (ev tekstili uygulamaları) ve güç tutuşurluğun önemli olduğu uygulamalar açısından değerlendirildiğinde; katkı maddesi ilavesiyle üretilen ipliklerin mekanik özelliklerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, güç tutuşurluk (FR) katkı maddesi ilavesinin belirlenen üretim şartlarında, yukarıdaki mekanik özelliklerde herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet vermediği de gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonuçları ile güç tutuşurluk etki düzeyinin araştırıldığı diğer literatür çalışmalarında geliştirilecek ipliklere, katkı oranının belirlenmesi noktasında referans olmak hedeflenmiştir.

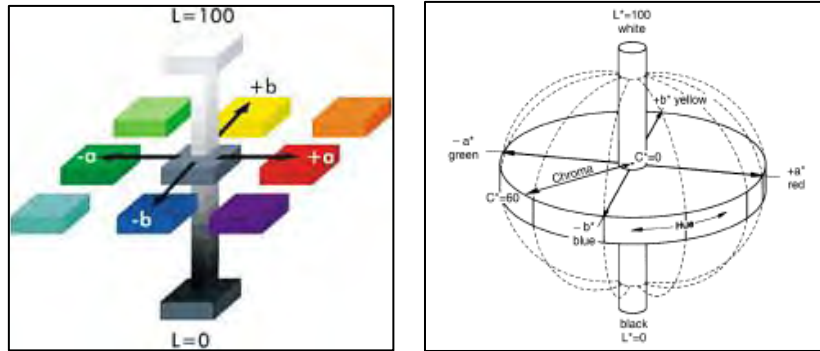
### 3.1. PP Filament İpliklerin Renk Değerlerinin Ölçümü

Renk, Commission Internationale de'Eclairage (CIE)'e göre  $L^*a^*b$  aralık sistemiyle ifade edilmektedir. CIE  $L^*a^*b$  renk aralık sistemi, üç boyutta rengi ölçmemizi sağlayan bir analiz sistemidir ve L, a, b eksenlerinden oluşmaktadır. L değeri, bir nesnenin aydınlık değerinin ölçümüdür ve 0 ile 100 değeri arasındaki bir sayı doğrultusudur. L değeri için "0" siyah rengi tanımlarken, "100" beyaz rengi tanımlamaktadır. Materyallerin renk tonunu belirlemek için genellikle a ve b değerleri kullanılmaktadır. a ve b değerleri, -128 ile +127 arasındadır. Pozitif a (+a) kırmızı rengi ve negatif a (-a) ise yeşil rengi tanımlamaktadır. Ayrıca, pozitif b (+b) sarıyı tanımlarken, negatif b (-b) değeri ise mavi rengi tanımlamaktadır. a ve b koordinatları nötr renkler için sıfıra yaklaşırken, daha doymuş ve keskin renkler için ise sayısal artış göstermektedir (Şekil 2) [6, 28].

**Tablo 3.** Çalışmada üretilen PP filament ipliklerin mekanik özellikleri [6, 27]

Numune	Mukavemet (cN/tex)		Kopma Uzaması (%)		Uster (%U)		CVm (%)		Punta Sayısı*	
	Ort.	Standart Sapma	Ort.	Standart Sapma	Ort.	Standart Sapma	Ort.	Standart Sapma	Ort.	Standart Sapma
PP Filament	22,8	0,85	28,4	0,51	5,94	0,09	7,49	0,16	10,1	0,53
1 % FR	23,6	0,90	28,4	0,74	5,29	0,07	6,63	0,20	10,2	1,07
2 % FR	23	0,86	27,4	0,05	5,45	0,55	6,88	0,71	11,0	3,3
3 % FR	22,5	0,19	26,7	1,89	5,60	0,38	6,95	0,45	8,9	0,76
4 % FR	22,7	0,61	27,3	0,75	5,98	0,46	7,53	0,54	10,1	1,53
5 % FR	22,8	1,47	26,2	0,78	5,95	0,47	7,41	0,64	9,7	0,93
6 % FR	23,4	0,63	26,6	0,86	5,37	0,57	6,64	0,57	10,0	1,66
7 % FR	23,7	1,52	28,7	1,10	5,97	0,81	7,50	0,90	12,0	1,9
8 % FR	22,5	1,03	26,7	1,65	6,17	0,09	7,63	0,11	9,2	2,3

\*: (metredeki punta sayısı)

**Şekil 2.** Üç boyutlu renk düzlemi [28]**Tablo 4.** PP filament ipliklerin renk ölçümü test sonuçları

No	İplik Türü	L (% aydınlık değeri)	a (-a: Yeşillik, +a: Kırmızılık)	b (-b: Sarılık, +b: Mavilik)
1	PP Cips	72,72	-0,34	-0,59
2	FR Katkı Maddesi	59,4	6,15	16,21
3	Katkısız PP	82,76	0,1	0,42
4	%1 F.R.	81,62	0,16	2,59
5	%2 F.R.	80,63	0,35	3,8
6	%3 F.R.	79,41	0,48	4,68
7	%4 F.R.	78,65	0,57	5,15
8	%5 F.R.	77,51	0,80	5,6
9	%6 F.R.	76,78	0,86	5,98
10	%7 F.R.	76,05	0,92	6,2
11	%8 F.R.	75,44	1,02	6,49

Çalışmada, FR katkı maddesi ilavesi ile üretilen filament ipliklerin renklerinde, %100 PP referans ipliğe göre belirgin değişimler olduğu görülmüştür. Bu yüzden çalışmada kullanılan PP cipsin, cips formundaki FR katkı maddesinin ve üretilen tüm filament iplik numunelerinin (referans olan ve katkılı PP filamentler) renk değerlendirmeleri kalitatif ölçüm yapan Hunter-Lab LabScan XE marka bir ışık kabini kullanılarak yapılmıştır. Tüm bu renk değer sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4’den görüleceği üzere, güç tutuşurluk katkı maddesi miktarındaki değişim ile ipliklerin sahip olduğu renk değerleri (L, a, b) belirgin seviyede ve belirgin yönde değişmiştir. Ayrıca, bu değişimin FR katkı maddesi yapısından/renginden kaynaklandığı ve katkı maddesi miktarındaki artışla katkılı ipliklerin renk değerlerindeki farkın %100 PP’ye göre arttığı görülmüştür.

### 3.2.1. Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi Oranının Filament İplik Aydınlık-Lightness (%L) Değerine Etkisi

Filament iplik üretiminde kullanılan fosfor esaslı güç tutuşurluk katkı maddesi nihai ürünün renginde değişime yol açmıştır. FR katkı maddesi oranındaki değişimin filament ipliğin aydınlık (Lightness-%L) değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Şekil-3 incelendiğinde, ipliğin ihtiva ettiği güç tutuşurluk katkı maddesi arttıkça, L aydınlık değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca, söz konusu FR katkı maddesinin %L değeri, %59,4 olarak hesaplanırken, PP cipsin %L değeri ise %72,72 olarak hesaplanmıştır. Sonuçta, FR katkı maddesinin aydınlık değeri, renk düzlemine göre düşük sayılabilecek bir değer olduğu için iplik üretiminde kullanılan katkı maddesi miktarı arttıkça iplik %L değeri azalmıştır.

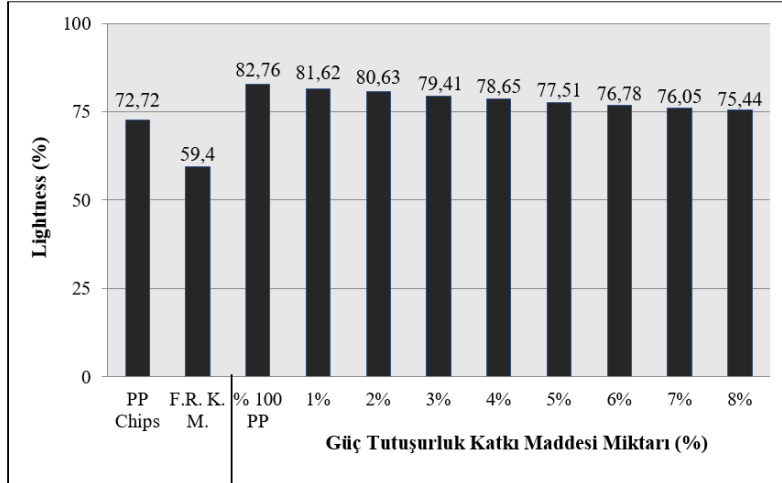
### 3.2.2. Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi Oranının Filament İplik Kırmızılık (+a) ve Yeşillik (-a) Tonuna Etkisi

PP filament iplik renginde katkı maddesi oranındaki farklılık ile oluşan kırmızılık-yeşillik değişimi Şekil 4’de verilmiştir.

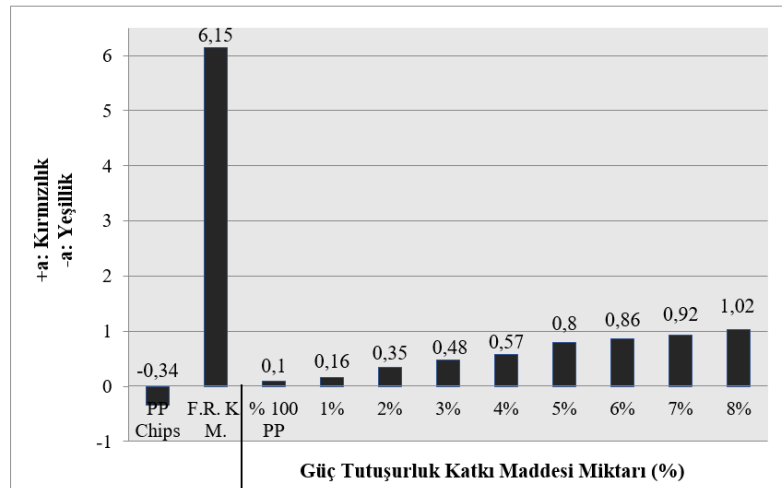
Şekilden PP cipsin “a” renk değerinin yeşil tonda olduğu, FR katkı maddesi ve %100 PP ipliğin ise kırmızı tonda olduğu görülmektedir. Sonuçta, katkı maddesi miktarındaki artış, ipliklerin kırmızılık (+a) değerlerini yükseltmiştir. PP filament ipliklerin kırmızılık renk değerinin FR katkı maddesindeki artışla yükseldiği görülmektedir.

### 3.2.3. Güç Tutuşurluk Katkı Maddesi Oranının Sürekli Filament İplik Mavilik (+b) ve Sarılık (-b) Tonuna Etkisi

PP filament ipliğin ihtiva ettiği katkı maddesi oranına göre iplikte meydana gelen mavilik, sarılık renk tonu değişimi Şekil 5’den görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde, PP cipsin “b” renk değerinin sarı tonda olduğu, FR katkı maddesi ve %100 PP ipliğin ise mavi tonda olduğu görülmektedir. Bununla birlikte katkı maddesi miktarındaki artışın, ipliklerin mavilik (+b) değerlerini yükselttiği de gözlemlenmiştir.

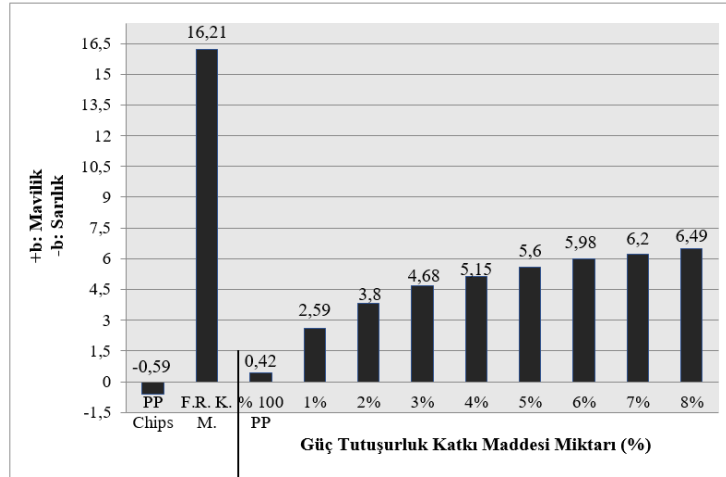


Şekil 3. FR katkı maddesi oranının filament iplik aydınlık (%L) değerine etkisi



Şekil 4. FR katkı maddesi oranının iplik kırmızılık-yeşillik renk değerine etkisi





Şekil 5. FR katkı maddesi oranının iplik mavilik-sarılık renk değerine etkisi

#### 4. SONUÇLAR

Polipropilen çeşitli teknik tekstil ürünlerinin üretiminde sıklıkla kullanılan bir polimerdir ve bu amaçla PP polimerinin teknik özellikleri katkı maddelerinin ilavesiyle geliştirilmektedir. Bu tür ürünlerden beklenen fonksiyonel özellikleri sağlamak elbette önemlidir bununla birlikte, polimer yapısına kazandırılan katkı maddelerinin lif yapısında sebep olabileceği olumsuz etkiler de incelenmektedir. Bu amaçla çalışmada, katkısız ve FR katkılı PP filament iplikler üretilmiş ve bu ipliklerin yapısal, mekanik ve renk özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmaya referans olan ana çalışma kapsamında katkı maddesi ilavesi ile filament iplikler üretilmiş ve bu ürünlere iyi seviyede özgün özellikler (güç tutuşurluk, UV dayanımı, vb.) kazandırılmıştır. Ancak bu maddelerin iplik yapısal ve mekanik özellikleri üzerinde bazı olumsuz/istenmeyen etkilere sebep olduğu da görülmüştür. Yapıdaki katkı maddesi oranına bağlı olarak filament mekanik özelliklerinin (mukavemet, kopma uzaması, vb.) bir miktar değiştiği ancak bu değişimin belirli bir yönde (düzgün bir artış ya da azalış) olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, filament ipliklerin metredeki puntalama sayısı 9-12 adet olarak belirlenmiştir. Filament ipliklere ait renk ölçüm test sonuçları incelendiğinde ise, FR katkı maddesi oranındaki artışın ipliklerin %L değerini belirgin seviyede azalttığı, “+a” ve “+b” değerlerini ise arttırdığı görülmüştür.

Renk değişimi estetik bir kaygı olarak görülebilmesine rağmen ürünlerin yapısında çeşitli negatif etkilere yol açabilmektedir. Ayrıca, bu renk değişimleri nihai ürün özelliklerinde de çeşitli problemlere (abraç, vb.) yol açmaktadır. Bu yüzden katkı maddesi seçimi yapılırken bu dezavantajlı durum göz önünde bulundurulmalı ve/veya üretim sonrası bu problemi ortadan kaldırma yöntemleri araştırılmalıdır. Bu çalışmanın devamı olarak, söz konusu filament ipliklerdeki renk değişimlerinin giderilmesi konusu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, katkı maddesi mevcudiyetinin ve oranının filament iplik renk değerleri (L, a ve b) üzerindeki

etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada üretilen katkısız PP ile %1'den %8'e kadar katkılı PP filament ipliklerdeki renk ve parlaklık değişikliklerin dikkat çekici olduğu gözlemlenmiş ve sonrasında bu fark test sonuçları ile belirlenmiştir. Söz konusu bu renk değişikliklerinin özellikle ipliğin kumaş haline getirilme ve boyanma aşamalarında (bu tür PP filament iplikler tekstüre sonrası delikli masuralar üzerinde boyama işlemine tabii tutulabilmektedir) renk tonu farklılıklarına ve istenilen parlaklık-matlık seviyesine sahip olmasını engelleyebileceği bilinmektedir. Bu sebeplerden dolayı çalışma kapsamında gerçekleştirilen mekanik (mukavemet, kopma uzaması ve düzensizlik testleri) ve yapısal özellikleri belirleme (SEM görüntüleri vb.) testlerine ilave olarak ipliklerin renk değerlerinin belirlenmesine yönelik de detaylı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Malzemenin nihai kalite özellikleri üzerinde önemli seviyede etkisi olduğu görünen renk değerlerinin incelenmesi bu çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır. PP filament ipliklerin renklendirilmeleri genel olarak ekstrüzyon aşamasında renkli granül malzemelerin (cips) ekstrüdere eklenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada kullanılan FR katkı maddesinin filament ipliklerin renk değerlerine önemli seviyede etki ettiği belirlenmiştir. Bu durumun yol açabileceği sonuçlarla ilgili değerlendirmelere aşağıda yer verilmiştir:

I. Cipten boyalı olarak üretilen sentetik iplik üretimlerinde katkı maddesi kullanımı istenilen renk değerlerini (L, a ve b) değiştirebileceğinden ön üretim çalışmaları ile bu fark (etki) incelenmeli ve sonrasında nihai üretimlerle ilgili olarak üretim reçetesi oluşturulmalıdır.

II. Filament iplikler tekstüre işlemi sonrasında delikli masuralara sarılıp bobin boyama işlemine tabii bırakıldığında, katkı maddesi ilavesi iplik renk değerlerinde değişime ve/veya renk tonunda farklılıklara (abraç vb.) neden olabilecektir.

III. Katkı maddesi ilavesi filamentlerin parlaklık özelliklerini de etkilemektedir.

Katkı maddesi ilavesi ile üretilen filament ipliklerde, bu maddelerin iplik renk ve parlaklık özelliklerine etkileri konusundaki sebep sonuç ilişkisini destekleyen bu değerlendirmeler aynı zamanda çalışmanın önemini de desteklemektedir.

Bu çalışmada kullanılan fosfor esaslı katkı maddesi etkili bir alev geciktirici olmasına rağmen çevreye toksin etkisi bulunmaktadır. Günümüzde, toksik olmayan güç tutuşurluk katkı maddelerinin kullanılmasıyla güç tutuşur ürünlerin üretimi konusunda çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir [29-32]. Bu tür katkı maddelerinin kullanımıyla üretilen kumaşların temel mekanik, yapısal ve renk değerlerinin incelenmesi ile fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi sonraki çalışmalardan biri olarak planlanmıştır. Ayrıca, planlanan bu sonraki çalışmalarda, yanma sırasında açığa çıkan toksin etkinin belirlenmesinde kullanılan "Toksiste Testi" de gerçekleştirilecektir. Böylece güvenlik derecesi incelenen tekstil ürünlerinin insan ve çevreye olan toksik etkileri de incelenerek fayda-zarar analizi yapılabilecektir. Test çalışması kapsamında üretilmiş olan numunelerin camı geçiş sıcaklığı, erime, kaynama, kristallenme ve termal bozunma yapılarının incelenmesi ve % kristalin bölge oranlarının belirlenmesi, özellikle katkı maddesinin malzemede meydana getirdiği yapısal özelliklerin analizi için önem arz etmektedir [1, 25, 26]. Bu kapsamda bu çalışmanın materyalini oluşturan numunelere DSC test cihazı ile çeşitli analizler yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır [6]. Söz konusu bu çalışma konusu sonraki makale çalışması olarak hazırlanmaktadır.

### Teşekkür

Bu çalışma 00428.STZ.2009-2 numaralı SAN-TEZ projesi olarak, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR

- Erdem, N., Erdoğan, U.H., Cireli, A.A. ve Onar, N., (2010), *Structural and ultraviolet-protective properties of nano-TiO<sub>2</sub>-doped polypropylene filaments*, Journal of Applied Polymer Science 115(1), 152-157.
- Tambe, P.B., Bhattacharyya, A.R., Kamath, S.S., Kulkarni, A.R., Sreekumar, T.V., Srivastav, A., Rao, K.U.B., Liu, Y. ve Kumar, S., (2012), *Structure-property relationship studies in amine functionalized multiwall carbon nanotubes filled polypropylene composite fiber*, Polymer Engineering and Science, 52, 1183-1194.
- Wei, Q., Tao, D., Deng, B. ve Huang, F., (2009), *Comparative studies of silver nanocomposite fibers*, Journal of Industrial Textiles, 1-8. doi: 10.1177/1528083708092013
- Yeo, S.Y. ve Jeong, S.H., (2003), *Preparation and characterization of polypropylene/silver nanocomposite fibers*, Polymer International, 52(7), 1053-1057.
- Seki, Y., Akşit, A. ve Erdoğan, Ü. H., (2017), *Construction of polypropylene composite multifilaments filled with sodium perborate trihydrate-treated jute microparticles*, Science and Engineering of Composite Materials, 24(2): 203-212.
- Hacıoğulları, Ö. S., (2014), *Laboratuvar tipi filament iplik makinasının tasarımı, imalatı ve özgün ürün geliştirme çalışmaları*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Shah, J. N., Padhye, R., ve Pachauri, R. D., (2021), *Studies on UV protection and antimicrobial functionality of textiles*, Journal of Natural Fibers, <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1932678>
- Mingwei, T., Zongqian, W., Lijun, Q., Ke, W., Shifeng, Z., Xiansheng, Z. ve Ruichao, L., (2018), *Enhanced UV photostabilization of nylon 6 filament with reduced graphene oxide/polyurethane nanocomposite inks*, International Journal of Clothing Science and Technology, 30 (6), 817-827.
- Erdem, N., Erdoğan Ü. H., Akşit, A., (2009), *Nano-kompozit polipropilen filamentlerin üretimi ve özellikleri*, Tekstil ve Mühendis, 15 (69), 14-24.
- Salaün, F., Lewandowski, M., Vroman, I., Bedek, G., and Bourbigot, S., (2011), *Development and characterisation of flame-retardant fibres from isotactic polypropylene melt-compounded with melamine-formaldehyde microcapsules*, Polymer Degradation and Stability, 96 (1), 131-143.
- Selver, E., (2010), *Extrusion and properties of nanoclay added composite polypropylene monofilaments*. MSc Thesis, Master of Science of Polymer and Fiber Engineering, Auburn University, 83 pages.
- Arık, B., Bozacı, E., Demir, A. ve Özdoğan, E., (2013), *Thermogravimetric, microscopic and mechanical analyses of PBT and PET yarns*, Tekstil ve Konfeksiyon, 23(2), 101-106.
- Erem, D. A. ve Özcan, G., (2015), *Polipropilen/Titanyum Dioksit nanokompozit liflerin üretimi ve karakterizasyonu*, Tekstil ve Mühendis, 22 (99), 1-6.
- Duran, K., (2001), *Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkartma*, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, pg. 25, Bornova/İzmir.
- Koç, K. S. ve Yılmaz, D. N., (2020), *HPT türevi UV absorblayıcıların PET iplik ve kumaşların UV dayanımı üzerine etkilerinin incelenmesi*, European Journal of Science and Technology, Special Issue, 276-282.
- Başaran, F.N. ve Berber, G.Ş., (2019), *Rölyef Etki Açısından Dokuma Kumaşlarda Renk Faktörü*, 7(1), 60-71.
- Arabalı Koşar, S.T., (2015), *Lif Sanatında Hacmin Etkilerine Farklı Yaklaşımlar*, Yayımlanmamış Sanatta Yeterlilik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Başer, G. (2005). *Dokuma Tekniği ve Sanatı*, Cilt 2, İzmir: TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Yayınları.
- Bali, Y. (1997), *Dokumada Renklendirmenin Kumaş Desenine Etkisi*, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, (6), 345-347.
- Mortavazi, S., M., Mirzadeh, N., Bounkay, E., (2005), *Study of the influence of finishing agents on some physical properties of finished cotton fabrics in the presence of other chemicals in special finishing resins*, 5.Uluslararası İstanbul Tekstil Konferansı, İstanbul.
- Fenimore, C.P., (1975), *Candle-type test for flammability of polymers*, Flame Retardant Polymeric Materials, 1, 371-397.
- Horrocks, A.R., Tunc, M., & Price, D., (1989), *The burning behavior of textiles and its assessment by oxygen index methods*. L. Cegielska MA (Eds.), Textile Progress, Harrison, PW: Manchester, 18(1), pp. 1-205.
- BS EN ISO 2062, *Textile-yarns from packages: Determination of single-end breaking force and elongation at break*, 1995.
- DIN 53817-1, *Textile-testing of textiles: Determination of unevenness of slivers and yarns; general basis*, 1983.
- Erem, A.D. ve Özcan, G., (2015), *Polipropilen/Titanyum Dioksit nanokompozit liflerin üretimi ve karakterizasyonu*, Journal of Textiles and Engineer, 22(99), 1-6
- Yeo S.Y., Lee H. J., JEON .S.H., (2003), *Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect*, Journal of Materials Science, 38, 2143-2147.

27. Hacıoğulları, Ö. S. ve Babaarslan, O., (2014), *Structural analysis and mechanical properties of polypropylene filament yarns containing flame retardant additive*, 15th Romanian Textiles and Leather Conference-CORTEP-2014, 25-30, 4-6 Eylül, Poiana Braşov, Romanya.
28. Yılmaz, İ., (2002), *Renk Sistemleri, Renk Uzayları ve Dönüşümler*, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 340-350.
29. Horrocks, A.R., Anand, S.C. (2000), *Heat and Flame Production*, Handbook of Technical Textiles, The Textile Institute, Cambridge England, 223-263.
30. Chivas, C., Guillaume, E., Sainrat, A., Barbosa, V. (2009), *Assessment of risks and benefits in the use of flame retardants in upholstered furniture in continental Europe*, Fire Safety Journal, 44(5), 801-807.
31. Horrocks, A.R., Price, D. (2001), *Textiles, Fire Retardant Materials*, 128-181.
32. Ömeroğulları, Z. ve Kut, D., (2012), *Tekstilde güç tutuşurluk*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(1), 27-41.