

## **Polyester Esaslı Kumaşlara Boya Banyosuna İlave Edilen Borlu Kimyasallarla Güç Tutuşurluk Özelliği Kazandırılması Üzerine Bir Araştırma**

**Fusun DOBA KADEM<sup>1\*</sup>, Gamze GÜLŞEN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Ç.Ü., Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekstil Programı, Adana

### **Özet**

Bu çalışmada, ön terbiyesi yapılmış boyanmamış %100 polyester esaslı dokuma kumaşlar farklı oranlardaki bor esaslı kimyasal içeren boya flotteleri ile boyama prosesine tabi tutulmuştur. Numuneler, kumaş ağırlığına göre %5, %10 ve %15 oranlarında borik asit ve boraks dekahidrat kimyasalları ile hazırlanan solüsyonlar içerisinde HT prensibine göre boyanmıştır. Numunelerin güç tutuşurluk dereceleri sınırlayıcı oksijen indeksi tayini ile yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Polyester, Borik asit, Boraks dekahidrat, Güç tutuşurluk

### **A Research About Acquisition Flame Retardant Property on Polyester Based Fabrics with Boron Chemicals Added to Dyeing Bath**

### **Abstract**

In this study, 100% polyester woven fabrics which were undyed by applying pre-treatment were applied to dyeing processes with dyeing baths containing different proportions of boric compounds. Boric acid and borax decahydrate chemicals in solution were prepared %5, %10 and %15 according to weight of samples. Polyester samples were dyed on the principle of high temperature with these dyeing solutions. The determination of flame retardancy of the samples was performed with respect to limiting oxygen index (LOI) and its results were evaluated.

**Key Words:** Polyester, Boric acid, Borax decahydrate, Flame reterdancy

---

\* Yazışmaların yapılacağı yazar: Fusun DOBA KADEM, Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, efsun72@cu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve sanayileşmenin artması, nüfusun giderek çoğalmasına paralel olarak toplu yerleşim bölgelerin fazlaşması, yangın riskinin ve buna bağlı olarak yangının maddi ve manevi zararlarının artışına neden olmaktadır [1]. Yangın yerinde sıcaklık çok hızlı bir şekilde yükselir. Sıcaklık 5 dakika sonra 555°C, 10 dakika sonra 660°C, 15 dakika sonra 720°C, yarım saat sonra 820°C olmakta, bir saat sonra 927°C'ye yükselmektedir. Görüldüğü gibi en büyük sıcaklık artışı ilk beş dakikada olmaktadır. Bunun için yangınlarda ilk dakikalar hatta saniyeler çok önemlidir [2].

Bu çalışmanın amacı, %100 polyester esaslı kumaşlara boyama işlemi sırasında flotte içerisine ilave edilen bor esaslı kimyasallar yardımıyla güç tutuşurluk özelliği kazandırılmasıdır. Bu alanda bugüne kadar farklı materyallerle ilgili yapılmış çalışmalar çok fazla olmakla birlikte bu araştırma kapsamında olan akademik çalışmalar özet olarak aşağıda açıklanmıştır:

Martin ve arkadaşları, bor içeren stirenik monomerlerin polimerlerinin çapraz bağlanmasını ve alev geciktiriciliğini incelemişlerdir. Stirenik monomerler 2,2-bis (4vinylbenzyl) propan-1,3-diol ve 5,5-bis (4-vinylbenzil)-2-fenil [1,3,2]-dioksa- borinan malzemelerinin özellikleri üzerinde borun etkisini test etmek için sentezlemiş ve kopolimerleştirmişlerdir. Bor içeren kopolimer, bor içermeyene ve polystirene göre daha yüksek termal kararlılık ve kömür oluşumu göstermiştir ve bor bileşimi ile LOI değerlerinin arttığı gözlenmiştir [3].

Günsal'ın yapmış olduğu çalışmada, akrilik yün elyaf karışımı malzemelere organo fosfor yapısında kimyasal, viskon kumaşa borik asit, organofosfor yapısında kimyasallar kullanılarak çektirme ve emdirme yöntemlerine göre alev geciktirici özellik kazandırılmaya çalışılmıştır. Viskon kumaşın yüzeyini aktifleştirmek için argon ve oksijen gazları, plazma polimerizasyonunda monomer olarak ise trimetilborat kullanılmıştır. Plazma sonrası yapılan temas açısı tayininde oksijen gazının yüzeyi aktifleştirmede daha etkili

olduğu söylenebilir. Yanma özelliklerinin belirlenmesi için yapılan limit oksijen indeksi (LOI ) tayini sonuçlarından, akrilik yün karışımına % 20 organo fosfor içerikli kimyasalın çektirme yöntemi ile uygulanması numunelerin LOI değerini 18,7'den 19,75'e arttırdığı görülmüştür. Viskon kumaşa borik asit emdirme yöntemi ile uygulandığında numunenin LOI değeri 18,8'den 55'in de üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak borik asit ve emdirme kurutma yönteminin beraber kullanılmasının LOI değerini arttırdığı söylenebilir [4].

Demirel, cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin yanmazlığını sağlamak amacıyla doymamış polyester reçine matris sistemi olarak, kırılmış "E" camı elyafı takviye sistemi olarak ve alev geciktirici katkı malzemeleri olarak magnezyum hidroksit, borik asit ve çinko borat kullanarak sıkıştırılmalı kalıplama yöntemine göre kompozitler üretmiştir. LOI tayini sonuçlarından borik asit miktarı artırıldıkça kompozit numunelerinin LOI değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Borik asit miktarı ağırlıkça %15'ten %30'a artırıldığı zaman kompozit numunenin LOI değeri yaklaşık 9,5 birim artarak 25,3'ten 34,5 değerine yükselmiştir [1].

Yavuz, bu çalışmada polietilen (PE) çift yönlü gerdirilmiş polipropilen (BOPP) filmlerin ve pamuklu kumaşların yüzeylerini, plazma ile trimetil borat, trimetil boroksin, tri-t-bütül borat, trimetilen borat kullanılarak modifiye etmiştir. Belirlenen en uygun plazma koşullarında (30W ve 30 dak) BOPP filmlerin LOI değerinin 17,9'dan 24,0 değerine arttığı tespit edilmiştir. Temas açısı ölçümüyle BOPP filmlerin modifikasyon sonucunda hidrofilik karakter kazandığı belirlenmiştir. Sonuçlar, BOPP filmlerin alev dayanıklı hale getirilmesinde trimetil borat plazmasının alternatif bir yöntem olarak kullanılabilceğini göstermiştir [5].

Kalın (2008), alfa-x adlı yanmayı geciktirici bir kimyasala borlu bileşikler ilave edilerek kumaşların güç tutuşurluğunun artırılmasının amaçlandığı bir çalışma yürütmüştür. Borlu bileşiklerden borik asit, boraks ve çinko borat; alfa-x adlı kimyasala alfa-x oranı sabit (%50)

olmak üzere üç farklı oranda %5, %7,5, %10 ilave edilerek çözeltiler elde edilmiştir. Ayrıca alfa-x'in % 100'lük ve % 50'lik karışımları da dahil on bir farklı çalışma hazırlanmıştır. Numunelerin güç tutuşurluğu yakma testlerinden yüzey tutuşturma yöntemiyle incelenmiş ve borlu bileşiklerin kumaşların güç tutuşurluk özelliğini artırdığı, en az yanmanın %7,5 boraks - %50 alfa-x çözeltisinde gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır [6].

Mostashari ve Fayyaz, %100 pamuklu kumaşın yanabilirliği üzerinde dayanıksız bir işlem olarak sodyum borat dekahidratın etkisini araştırmışlardır. Yıkanmış ve kurutulmuş numuneler uygun konsantrasyonlardaki sodyum borat dekahidrat ile emdirilmiştir. Her kumaş grubu ayrı ayrı tuz solüsyonlarından ardından baskı silindirlerinden geçirilmiş ve 110°C de kurutulmuştur. Her 100 gram kumaş için 4,24 gram tuz kullanıldığında pamuklu kumaşa alev geciktirici özellik verildiği dikey alev yayılma hızı test yöntemi ile saptanmıştır [7].

Çelebi bu çalışmada; % 100 polyester yuvarlak örme kumaşlarda plazma aplikasyonu ile akrilik asit monomeri kullanarak kazandırılan hidrofilleştirme işleminin güç tutuşur kumaşların boyanma özelliklerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla 1.grup numuneler eriyikten (polimerden) katkılı güç tutuşur polyester ipliklerle örülmüş yuvarlak örme kumaşları, 2.grup numuneler ise katkısız (güç tutuşur olmayan) polyester ipliklerle örülen ardından güç tutuşurluk apre işlemi uygulanan kumaşları ifade etmektedir. Her iki grup LF (Low frequency, düşük frekans) plazma yöntemi ile hidrofilleştirme işlemi yapılarak boyanma davranışları karşılaştırılmıştır. Kumaşların güç tutuşurluk davranışları, Fransız NF P 92 503-507 ve IMO (International Maritime Organization) FTP Code Part 7 test standartlarına göre test edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre, polimerden katkılı güç tutuşur polyester ipliklerden üretilen kumaşların güç tutuşurluk özelliklerinin daha iyi olduğu görülmüştür [8].

Gülşen, %100 polyester esaslı perdelik kumaşa güç tutuşur özellik kazandırılması üzerine çalışmıştır. Polyester esaslı kumaşa çektirme yöntemine göre dispers boyama işlemi

uygulamıştır. Proses sırasında boyama flottesini içerisine farklı oranlarda borik asit ve boraks dekahidrat kimyasalları ilave edilmiştir. Ardından numunelerin güç tutuşurluk değerlendirmeleri TS 5775 EN ISO 6940:2006 standardına göre dikey yanma test cihazında tutuşma süresi baz alınarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; en fazla güç tutuşurluk özelliği 30 g/lt borik asit ile muamele edilen numunelerde sağlanmıştır [9].

Altay, % 100 polyester kumaşa, yeni geliştirilmiş olan maddelerle emdirme ve çektirme yöntemlerine göre güç tutuşurluk bitim işlemlerinin etkilerini incelemiştir. Elde edilen bu maddelerle değişik yöntemlere göre çalışmada, yıkamaya dayanıklılık etkileri incelenmiştir. Ayrıca güç tutuşurluk maddelerinin uygun konsantrasyonları ile güç tutuşurluk ve boyama işlemi kombine edilerek yapılan deneylerin sonuçları değerlendirilmiştir [10].

Carosio ve diğerleri, polyester kumaşın alev geciktiricilik ve termal stabilite özelliklerini geliştirmek için farklı proses parametrelerinde plazma yüzey aktivasyonunu, nanopartikül adsorpsiyonu ile kombine etmişlerdir. Kumaş, önce plazma ile aktivasyon işlemine alınmış ardından bir solüsyon içerisinden geçirilmiştir. Etkiyi kıyaslayabilmek için plazma görmemiş kumaşlar da hazırlanmıştır. Kumaşın termal stabilitesine etki eden, hava içerisindeki nanoparçacıkların varlığı termogravimetrik analizlerle tayin edilmiştir ve işlem görmüş numuneler için kütle kaybı sürecinde bir gecikme gözlenmiştir. Tutuşma davranışı, koni kalorimetri cihazı kullanılarak incelenmiştir. Plazma ile aktif edilen kumaşlar; muamele edilmemiş kumaşlarla karşılaştırıldığında tutuşma için gereken zaman açısından %104 oranında artış, ısı salınım oranında ise %10 gibi hafif bir azalma göstermiştir [11].

Kabasakal, yaptığı çalışmada günlük hayatta sıkça kullanılan pamuk ve polyester dokuma kumaşlara borik asit ve yanmayı geciktirici alfa x maddesini çektirme, emdirme ve baskı metotlarına göre 3 farklı oranda (borik asit sabit %10, alfa x %20 %10 %5) uygulamıştır. Polimerler üzerinde alev geciktirici maddelerin etkisi incelenmiş, numunelerin yıkama haslığına ve Amerikan test

standartı NFPA 701'e göre alev dayanımı davranışına bakılmıştır [12].

Ömeroğulları ve Kut, polyester kumaşa alev geciktirici özellik sağlanması üzerine çalışmışlardır. Güç tutuşurluk apre prosesi sırasında kullanılması gereken kimyasal miktarını azaltmak için; kumaşları alkil fosfonat yapısındaki alev geciktirici ajan ile emdirmeden önce, 50°C'den düşük sıcaklıkta düşük frekans oksijen plazması uygulamışlardır. Plazma muamelesinin bitim işleminde kullanılan kimyasal miktarı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla çalışmada kullanılan alev geciktirici ajanın konsantrasyonu değiştirilmiştir. Polyester kumaşların alev geciktirici performansı, sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) testi ile belirlenmiştir. Kumaşlara ön işlem olarak oksijen plazması uygulandığında aynı derecede güç tutuşur özellik kazandırmak için kullanılması gereken kimyasal miktarı %50 oranında azalmıştır. Yani; LOI testi sonuçlarına göre emdirme işleminde 100 g/l alev geciktirici yerine, ön işlem olarak oksijen plazması uygulandığında belirgin bir LOI değeri değişikliği olmaksızın 50 g/l kimyasal kullanılabilir. Kumaşların hidrofilik karakteristikleri plazma uygulamasından sonra test edilmiştir. Sonuçlara göre; oksijen plazma uygulamasından sonra kumaşların hidrofilik özellikleri artmıştır [13].

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan polyester esaslı kumaş, ön terbiyesi yapılmış (yıkama-kurutma-fikse) fakat boyanmamış olup özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

### 2.2. Metot

Her bir reçete için 8 cm x 16 cm ebatlarında 20 adet numune hazırlanmıştır. Her bir tüp içerisine 5 adet numune konulmuş ve ağırlığı 10 gram olacak şekilde hassas terazide ayarlanmıştır. HT dispers boyama uygulamaları Ç.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Tekstil

Laboratuvarı'nda bulunan laboratuvar tipi HT boyama makinasında Çizelge 2'de verilen reçetelere göre yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Polyester kumaş özellikleri

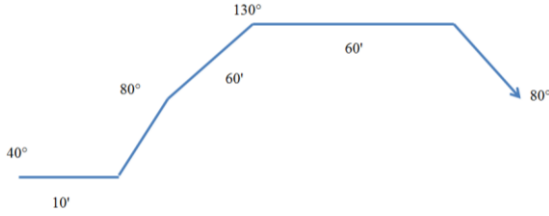
Hammadde	%100 polyester	
Örgü yapısı	5'li saten	
Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	160	
En (cm)	220	
Sıklık (tel/cm)	Atkı	25
	Çözüğü	61
İplik lineer yoğunluğu (denye)	Atkı	300
	Çözüğü	100

**Çizelge 2.** HT dispers boyama reçeteleri

Numune	1	2	3	4	5	6	7
Borik asit (%)	5	10	15				
Boraks dekahidrat (%)				5	10	15	
Boyar madde (%)	1	1	1	1	1	1	1
Dispergator (g/L)	1	1	1	1	1	1	1
Kırık önleyici (g/L)	1	1	1	1	1	1	1
Egalizatör (g/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Çizelge 2'de görüldüğü gibi 7 farklı reçeteye göre boyama banyoları hazırlanmıştır. Uygulamalarda mamul ağırlığı 10 g, flotte oranı 1:20 olarak alınmıştır. Flotte oranı 1:20 olduğundan her bir tüp için 200 mL çözelti hazırlanması gerekmektedir. Proje kapsamında yapılan uygulamalarda flottelerin pH değerleri boyarmadde flottesini ilave edilmeden önce 4,5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Borik asit, boraks dekahidrat ve boyarmadde için %2'lik, dispergator (pH), kırık önleyici ve egalizatör için ise %10'luk seyreltik çözeltiler hazırlanmıştır. Şekil 1'de görülen boyama grafiği

esas alınarak HT dispers boyama uygulamaları yapılmıştır.



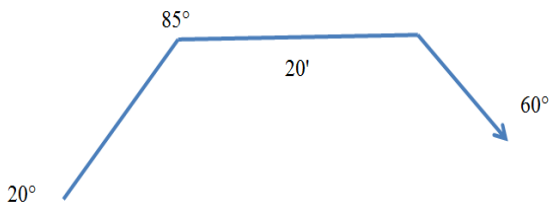
Şekil 1. Dispers boyama grafiği

Boyama flotteleri reçetelere göre hazırlanıp 40°C'ye ısıtıldıktan sonra tüplere yerleştirilmiş ve boyama grafiğine göre cihaz programlanmıştır. HT dispers boyama prosesi grafikte görüldüğü gibi 130°C'de 60 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. 80°C'de tüpler boşaltıldıktan sonra 85°C sıcaklığındaki saf su içerisinde 10 dakika hemen ardından oda sıcaklığındaki saf su içerisinde 5 dakika boyunca durulanmıştır. Çizelge 3'te numunelerin redüktif yıkama reçetesi verilmiştir.

Çizelge 3. Redüktif yıkama reçetesi

Flotte Oranı	1:20
Hidrosülfit (g/L)	2
Sodyum Hidroksit (38°Bome) (g/L)	2

HT boyama cihazı Şekil 2'de verilen redüktif yıkama grafiğine göre programlanmış ve ardından redüktif yıkama flotteleri ile yıkanmıştır.



Şekil 2. Redüktif yıkama grafiği

Redüktif yıkama işlemi Şekil 2'de verildiği gibi 85°C'de 20 dakika süreyle gerçekleştirilmiş ve 60°C'de tamamlanmıştır. Numuneler redüktif yıkamanın ardından, 1 g/L asetik asit ile hazırlanan

nötralizasyon çözeltisinde 50°C sıcaklığında 10 dakika süreyle nötralize edilmiştir. Numuneler kendi halinde kurumaya bırakılmış, LOI analizi ve spektrofotometre ile renk ölçümleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) : LOI değeri bir materyalin yanmaya devam etmesi için gereksinim duyduğu % oksijen miktarı anlamına gelmektedir. LOI değeri 25'ten büyük olan materyaller havada genellikle kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olanlar ise çok kolay yanmaktadırlar [14].

Renk ölçüm işlemi, spektrofotometre kullanılarak, D65 gün ışığı altında objektif olarak CIE LAB sistemine göre yapılmıştır.  $\Delta E^*$ ; karşılaştırılan numuneler arasındaki renk farkı aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır [15].

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

$L^*$  : açıklık-koyuluk

$a^*$  : kırmızılık-yeşillik

$b^*$  : sarılık-mavilik

$\Delta L^*$  : Karşılaştırılan numunelerin  $L^*$  değerleri arasındaki fark

$\Delta a^*$  : Karşılaştırılan numunelerin  $a^*$  değerleri arasındaki fark

$\Delta b^*$  : Karşılaştırılan numunelerin  $b^*$  değerleri arasındaki fark

### 3. SONUÇLAR

#### 3.1. Sınırlayıcı Oksijen İndeksi Tayini-Limiting Oxygen Index-LOI Sonuçları

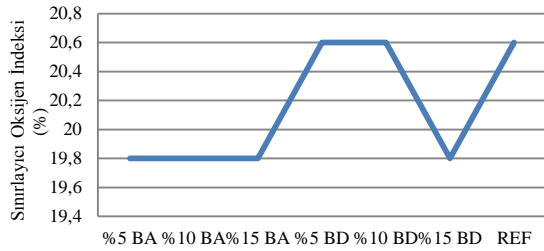
HT uygulamaları yapılan numunelerin güç tutuşurluğu tayini (LOI sınırlayıcı oksijen indeksleri) sonuçları Çizelge 4 ve Şekil 3'de görülmektedir.

LOI değerlendirmesi için ASTM D 2863 [16] standardı esas alınmıştır. Numunelerin LOI testi sonuçlarına bakıldığında; %5 ve %10 oranında boraks dekahidrat uygulanan numunelerin sınırlayıcı oksijen indeksi değerleri referans

numune ile aynı sonucu vermiştir. HT prensibine göre polyester kumaşlara uygulanan boyama işleminde borik asit ve boraks dekahidrat kimyasallarının inorganik yapıda olmasından dolayı polyester esaslı kumaşlara bağlanmadığı ve redüktif yıkama işlemi ile kumaş üzerinden uzaklaştığı düşünülmektedir.

**Çizelge 4.** Sınırlayıcı oksijen indeksi test sonuçları

Numune Kodu		LOI (%)
1	%5 BA	19,8
2	%10 BA	19,8
3	%15 BA	19,8
4	%5 BD	20,6
5	%10 BD	20,6
6	%15 BD	19,8
7	REF	20,6



**Şekil 3.** Sınırlayıcı oksijen indeksi değerleri

### 3.2. Spektrofotometre ile Renk Ölçüm Sonuçları

Spektrofotometre ile renk ölçüm sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. TS EN ISO 105-J03 standardı [17] esas alınarak spektrofotometre değerlendirmesi yapılmıştır.

Renk ölçüm sonuçları değerlendirilirken borlu kimyasal uygulanmayan 7 numaralı numune referans olarak alınmış ve diğer numunelerin referans numuneye göre renk farkları hesaplanmıştır. Şekil 4’de görüldüğü gibi en az renk farkı referans kumaş ile %15 BD numunesi

arasında gözlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, %100 polyester esaslı kumaşlara uygulanan boyama işlemi sırasında flotte içerisine ilave edilen bor esaslı kimyasallar yardımıyla güç tutuşurluk özelliğinin kazandırılması idi. Bu çalışmanın Gülşen’in 2009 yılında %100 polyester esaslı perdelik kumaş üzerine hazırlanmış olduğu çalışmadan en önemli farklılıkları ve güç tutuşurluğun değerlendirilmesinde kullanılan test yönteminin dikey yanma testi (tutuşma süresi esas alınarak yapılan) değil LOI değerlendirmesi ile yapılmış olmasıdır. Sonuçlara genel olarak bakıldığında, polyesterin hidrofob yapısı nedeniyle hazırlanan boya flottesinde güç tutuşurluk kimyasallarının iyi tutunmadığı düşünülmektedir. Daha iyi sonuç sağlayabileceği düşünülen bir başka araştırma çalışması ile polyesterin yüzey yapısını hidrofilileştirecek başka uygulamalarla (örneğin plazma gibi) bu çalışmanın tekrarlanması düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde verdiği destekten dolayı, Çukurova Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi’ne teşekkür ederiz (Proje:MMF2013BAP1).

## 4. KAYNAKLAR

1. Demirel, M., 2007. Cam Elyaf Takviyeli Polyester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
2. Özcan, O., Sağman, N., İnce, A., Sağlık, E., Oruç, A., Göktaş, G., Akgün, N. ve Dere, A. 2000. İşyerleri İçin Yangın Güvenlik Eğitimi. İtfaiye Eğitim Merkezi Yayınları No:2, İstanbul.
3. Martin, C., Hunt, B.J., Ebdon, J.R., Ronda, J.C., Cadiz, V. Synthesis 2006. Crosslinking and Flame Retardance of Polymers of Boron-Containing Difunctional Styrenic Monomers. Reactive & Functional Polymers, 66:88-96.

4. Günsal, Ç., 2007. Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
5. Yavuz, H., 2007. Plazma Polimerizasyon Yöntemiyle Polimerik Malzemelere Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Ankara.
6. Kalın, M.B., 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
7. Mostashari, S.M., Fayyaz, F. , 2008. Tg Of a Cotton Fabric Impregnated by Sodium Borate Decahydrate ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) as a flame-Retardant. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 93(3): 933–936.
8. Çelebi, K., 2009. Polyester Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
9. Gülşen, G., 2009. Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
10. Altay, P., 2010. Polyester Kumaşların Emdirme ve Çektirme Yöntemlerine Göre Güç Tutuşurluk Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
11. Carosio F., Alongi J., Frache A., 2011. Influence of Surface Activation by Plasma And Nanoparticle Adsorption on the Morphology, Thermal Stability and Combustion Behavior of PET Fabrics. European Polymer Journal 47: 893–902. [www.elsevier.com/locate/europolj](http://www.elsevier.com/locate/europolj).
12. Kabasakal, F.M., 2011. Hammaddeleri Farklı Tekstil Malzemelerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılmasında Yeni Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
13. Ömeroğulları Z., Kut D., 2012. Application of Low-Frequency Oxygen Plasma Treatment to Polyester Fabric to Reduce The Amount of Flame Retardant Agent. Textile Research Journal, 82: 613. Online: <http://trj.sagepub.com/content/82/6/613>,
14. Kutlu, B., 2002. Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
15. Gürsoy, N.Ç., 2010. Hauser, P. Yeni Katyonik Ağartma Aktivatörleri Kullanılarak Ağartılmış Pamuklu Örme Kumaşların Boyama Özelliklerinin İncelenmesi. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi (2): 155-161.
16. ASTM D 2863: 2014. Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index), <http://www.astm.org>.
17. TS EN ISO 105-J03, 2010. Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm J03: Renk Farklılıklarının Hesaplanması.

