



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TEKSTİLİNE YÖNELİK KULLANILAN  
KUMAŞLARIN GÜÇ  
TUTUŞURLUK ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**ZEYNEP ÖMEROĞULLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2010**



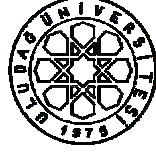
T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TEKSTİLİNE YÖNELİK KULLANILAN  
KUMAŞLARIN GÜÇ  
TUTUŞURLUK ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**ZEYNEP ÖMEROĞULLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2010**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TEKSTİLİNE YÖNELİK KULLANILAN  
KUMAŞLARIN GÜÇ  
TUTUŞURLUK ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**ZEYNEP ÖMEROĞULLARI**

**Doç. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT  
(Danışman)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA-2010**

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EV TEKSTİLİNE YÖNELİK KULLANILAN KUMAŞLARIN GÜÇ  
TUTUŞURLUK ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ZEYNEP ÖMEROĞULLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 19/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Doç. Dr. Naciye TÜRKEK

## ÖZET

Isı ve alevden korunma gerektiren her türlü alanda güç tutuşur lifler kullanmak veya tekstil üzerine çeşitli güç tutuşurluk işlemleri yapma gerekliliği son dönemlerde yeniden önem kazanmaya başlamıştır. Bu amaçla ısı ve alevden koruyucu giysilerin üretiminde yeni kimyasallar ve teknolojiler geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, ev tekstili içerisinde döşemelik ve perdelik gibi pek çok alanda kullanılan % 100 poliester kumaşlara güç tutuşurluk özelliği gerekli apre işlemleriyle çeşitli oranlarda kimyasal kullanarak verilmiş ve kumaşların sergiledikleri güç tutuşurluk davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada, konvansiyonel yöntemin dezavantajlarını minimize etmek için, kullanılan kimyasalın miktarını azaltmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, poliester kumaşlara oksijen gazıyla plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmıştır. Böylece plazma polimerizasyonu ile kumaşa kazandırılan hidrofilliğin, kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi ve madde alım miktarındaki değişim incelenmiştir. Bunun yanında konvansiyonel yöntemde kullanılan kimyasalın dışında, doğal bir malzeme kullanarak poliester kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi araştırılmıştır.

Teknik olarak plazma polimerizasyonu yöntemi, kimyasal uygulamada ise emdirme kurutma (pad dry) yöntemi kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin karakterizasyonu aşamasında, uygulanan yöntemlerin kumaş yüzeyleri üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınmış, yanma özelliklerinin belirlenmesi için ise limit oksijen indeks (LOI) testi yapılmış ve yüzey karakterizasyonunu belirlemek amacıyla fourier transformed infrared (FT-IR) analizleri incelenmiştir. Uygulanan kimyasalların yıkamaya karşı dayanımları da test edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ev tekstili, poliester, güç tutuşurluk, plazma polimerizasyonu, oksijen, hidrofilleştirme, LOI

## ABSTRACT

The necessity of using flame retardant fibers or making several flame retardancy process on fabrics in every area that needs heat and flame protection has become important again nowadays. For this purpose, new chemicals and technologies are being improved in the production of heat and flame protective textiles.

In this study, the characteristic of flame retardancy is given to %100 polyester fabrics which are often used in home textiles like drapery or upholstery fabrics with finishing process using different quantity of chemicals and the flame retardancy behaviours of fabrics are investigated. To minimize the disadvantages of conventional method, decreasing of the quantity of chemicals is aimed. For this purpose, to make polyester fabrics more hydrophilic, plasma polymerization with using oxygen gas is applied to the polyester fabrics. By this way, the effect of hydrophilicity that made by plasma polymerization on the flame retardancy characteristic of fabrics and the variation of quantity of chemicals are investigated. In addition, except the chemical used in conventional method, a natural product that gives flame retardancy to fabrics is used as an alternative and the effect of product is also investigated.

Technically, plasma polymerization method and in chemical application pad dry method are used in this study. To investigate surface characteristics of fabrics, scanning electron microscope (SEM) micrographs are taken. To investigate flame retardancy of fabrics limited oxygen index (LOI) test is used. And finally Fourier transformed infrared spectroscopy analysis (FT-IR) is used. In addition, polyester fabrics' resistances against washing are also tested.

**Key words:** Home textile, polyester, flame retardancy, plasma polimerization, oxygen, hidrophilicity, LOI

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
TEZ ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GİRİŞ	1
<b>1. KAYNAK ÖZETLERİ</b>	<b>4</b>
1.1. Tekstil Materyallerinin Yanması	4
1.1.1. Liflerin termal özellikleri	4
1.1.2. Poliester	6
1.1.3. Tekstil Materyallerinin Yanma Mekanizması	8
1.2. Güç Tutuşurluk	10
1.2.1. Güç tutuşurluk sağlayan maddelerin etki mekanizması	10
1.2.2. Güç Tutuşurluk Sağlayan Maddelerin Kimyası	12
1.3. Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi	12
1.3.1. Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması	13
1.3.1.1. Aramid lifleri	13
1.3.1.2. Polamid-imid lifleri	13
1.3.1.3. Polibenzimidazol (PBI) lifi	13
1.3.1.4. Fenolik lifler ( Novolpid lifler)	14
1.3.1.5. Poli (fenilensulfur) lifleri ( PPS)	14
1.3.1.6. Poliakrilat lifleri	14
1.3.1.7. Yarı karbon lifleri	14
1.3.1.8. Basofil lifleri	14

1.3.2. Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi	15
1.3.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi	15
1.3.4. Kumaşın güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ile işlem görmesi	16
1.4. Güç Tutuşurluk Elde Etmek İçin Kullanılan Yeni Yöntemler	17
1.4.1. Nanoteknoloji	17
1.4.2. Mikrokapsülasyon	18
1.4.3. Plazma teknolojisi	19
1.4.3.1. Plazma nedir?	19
1.4.3.2. Plazmanın sınıflandırılması	20
1.4.3.3. Plazma işleminin etkileri	22
1.4.3.4. Plazma işleminin tekstilde kullanımı	23
1.5. Güç Tutuşurluk Test Metotları	24
1.6. Literatür Araştırması	25
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b>	<b>40</b>
2.1. Materyal	40
2.2. Yöntem	41
2.2.1. Poliester kumaşlara uygulanan testler	45
2.2.1.1. LOI testi	45
2.2.1.2. SEM görüntüleri	47
2.2.1.3. FT-IR analizleri	48
<b>3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA</b>	<b>49</b>
3.1. LOI Test Sonuçları	49
3.2. SEM Analiz Sonuçları	60
3.3. FT-IR Analiz Sonuçları	76



<b>4. SONUÇ</b>	91
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	104
TEŞEKKÜR	105

**KISALTMALAR DİZİNİ**

BISFA	_	Uluslararası Sentetik Lif Standardizasyon Bürosu
DC	_	Doğru akım
FR	_	Güç tutuşur
FT-IR	_	Fourier transformed infrared
IOH	_	Inorganik hibrit
FDM	_	Faz değiştiren materyal
LF	_	Düşük frekans (LOW frekans)
LOI	_	Sınır oksijen indeksi
LTP	_	Düşük sıcaklık plazma (Low temperature plasma)
MF	_	Melamin reçinesi
mFDM	_	Mikrokapsüllenmiş faz değiştiren materyal
PA	_	Poliamid
PAN	_	Poliakrilnitril lifleri
PBI	_	Polibenzimidazol lifleri
PE	_	Polietilen
PES	_	Poliester
PPS	_	Poli (fenilensulfur) lifleri
PU	_	Poliüretan
SEM	_	Taramalı elektron mikroskobu
UV	_	Ultraviyole ışın

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Bazı liflerin yanma özellikleri	4
Çizelge 1.2. Bazı liflerin termal özellikleri	5
Çizelge 1.3. Poliester elyafının önemli fiziksel özellikleri	7
Çizelge 1.4. Poliester elyafının kimyasal dayanımı	8
Çizelge 2.1. Deneysel çalışmada kullanılan kumaşın özellikleri	41
Çizelge 2.2. Plazma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kumaşlara güç tutuşurluk apre işlemi aktarılan kimyasallar ve miktarları	44
Çizelge 3.1. Kumaş numunelerinin LOI test sonuçları	49
Çizelge 3.2. Yıkama işlemi yapılmamış olan poliester kumaşların plazma işlemi varlığında ve yokluğunda elde edilen %LOI değerleri	52
Çizelge 3.3. Yıkama işlemi yapılmış olan poliester kumaşların plazma işlemi varlığında ve yokluğunda elde edilen % LOI değerleri	54
Çizelge 3.4. Plazma işlemi uygulanmamış poliester kumaşların yıkama öncesi ve sonrası %LOI değerleri	56
Çizelge 3.5. Plazma işlemi uygulanmış poliester kumaşların yıkama öncesi ve sonrası % LOI değerleri	58

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Yanma üçgeni	8
Şekil 1.2. Tekstil lifleri için yanma döngüsü	9
Şekil 1.3. Endotermik yıkım reaksiyonları	11
Şekil 1.4. Camsı yüzeyin yapısı	11
Şekil 1.5. Serbest radikal yanma reaksiyonu	12
Şekil 1.6. Güç tutuşurluk bitim işlemlerinin açık en kumaşlara uygulama aşamaları	16
Şekil 1.7. Maddenin 3 hali	19
Şekil 1.8. Maddenin dördüncü (plazma) hali	20
Şekil 1.9. Vakum plazma cihazı	21
Şekil 1.10. Plazma etkisiyle meydana gelen polimerizasyon	23
Şekil 2.1. Diener vakum plazma cihazının görüntüsü	42
Şekil 3.2. Güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş numunesinin (Örnek 1) X2000 büyütmede SEM mikrografi	61
Şekil 3.3. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin ( Örnek 2) X2000 büyütmede SEM mikrografi	61
Şekil 3.4. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 1 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir Apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 3) X2000 büyütmede SEM mikrografi	62
Şekil 3.5. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 5 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir Apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 4) X2000 büyütmede SEM mikrografi	62

Şekil 3.6. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 10 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir Apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 5) X2000 büyütmede SEM mikrografi	62
Şekil 3.7. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 1 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir Apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 3) X4000 büyütmede SEM mikrografi	64
Şekil 3.8. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 5dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir Apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 4) X4000 büyütmede SEM mikrografi	64
Şekil 3.9. İpliği boyalı normal polister ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 5) X4000 büyütmede SEM mikrografi	64
Şekil 3.10. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış Kumaş numunesinin ( Örnek 6) X4000 büyütmede SEM mikrografi	66
Şekil 3.11. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 10 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi Uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 12) X4000 büyütmede SEM Mikrografi	66
Şekil 3.12. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış Kumaş numunesinin ( Örnek 7) X4000 büyütmede SEM mikrografi	67
Şekil 3.13. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 10 dakika O <sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi Uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 13) X4000 büyütmede SEM Mikrografi	67
Şekil 3.14. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış Kumaş numunesinin ( Örnek 8) X4000 büyütmede SEM mikrografi	68

- Şekil 3.15. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma Polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi Uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 14) X4000 büyütmede SEM Mikrografi 68
- Şekil 3.16. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 18) X4000 büyütmede SEM mikrografi 70
- Şekil 3.17. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin(Örnek 20) X4000 büyütmede SEM mikrografi 70
- Şekil 3.18. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 19) X4000 büyütmede SEM mikrografi 71
- Şekil 3.19. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, Firetex ile işlem görmüş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 21) X4000 büyütmede SEM mikrografi 71
- Şekil 3.20. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin(Örnek 9) X4000 büyütmede SEM mikrografi 72
- Şekil 3.21. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin(Örnek 15) X4000 büyütmede SEM mikrografi 72
- Şekil 3.22. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 10) X4000 büyütmede SEM mikrografi 73

- Şekil 3.23. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin(Örnek 16) X4000 büyütmede SEM mikrografı 73
- Şekil 3.24. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 11) X4000 büyütmede SEM mikrografı 75
- Şekil 3.25. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin(Örnek 17) X4000 büyütmede SEM mikrografı 75
- Şekil 3.26. Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 4000 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 77
- Şekil 3.27. Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 2800 cm<sup>-1</sup> ile 3600 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 78
- Şekil 3.28. Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 1300 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 80
- Şekil 3.29. 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 4000cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 82
- Şekil 3.30. 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 2800 cm<sup>-1</sup> ile 3600 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 83
- Şekil 3.31. 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 1300 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi 85

- Şekil 3.32. Plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 4000 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri 86
- Şekil 3.33. Plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 2800 cm<sup>-1</sup> ile 3600 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri 87
- Şekil 3.34. Plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 1300 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri 89



## GİRİŞ

Çoğu organik esaslı tekstil ürünlerinin iyi derecede yanma özelliğinin olması, bu ürünlerin en yakınımızda ve yaşamımızın her alanında yaygın olarak bulunması, tekstil ürünlerinin yangınlarda büyük risk faktörü olmasına sebep olmuştur. Günümüzde sanayileşmenin artmasıyla birlikte toplu yerleşim bölgelerinin fazlalaşması ve teknolojinin gelişmesi yangın risklerini çoğaltmış dolayısıyla ısı ve alevden koruyucu tekstillerin kullanımını kaçınılmaz kılmıştır [Çoban 1999, Horrocks ve Anand 2000, Horrocks ve Price 2001, Kalın 2008].

Son yıllarda tekstil sanayi hem ekonomik, hem de teknolojik yönden hızla gelişmeye başlamıştır. Doğal hammadde olan ipek, yün, pamuk vb. insanların her gün artan ihtiyaçlarını ve taleplerini karşılayamamaktadır. Bu sebepten dolayı daha ucuz maliyetli olan suni ve sentetik hammaddeler kullanılmaya başlanmıştır. Tekstil sanayi büyüklük yönünden gıda sanayinden sonra ikinci sırayı almaktadır. Kimyasal elyaf çeşitli kullanım alanlarına ve özelliklerine sahip olduğundan çok yaygın olarak üretilmektedir [Günsal 2007]

Isı ve alevden koruyucu tekstillerin kullanıldığı her türlü taşımacılık ve ev teknik tekstil alanında, döşemelik kumaşların üretiminde, askeri giysilerde, itfaiyeci, pilot ve yüksek fırın işçilerinin giysilerinde, yandığı zaman zehirli gaz çıkarmayan ve tutuşma sıcaklığı yüksek olan lifler tercih edilmektedir. Özellikle sıcak gaz filtrasyonunda, dokuma kayışlarda, halat ve kablolarda yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı lifler kullanılmakta ve mobilyalarda yay yerine esnekleştirilmiş dar dokuma bantların ve toksik gazlar çıkaran tehlikeli köpüklerin yerine, güç tutuşur dolgu ve astar kumaşlar tercih edilmektedir [Mecit 2007].

Isı ve alevden korunma gerektiren her türlü alanda güç tutuşur lifler kullanmak veya tekstil üzerine çeşitli güç tutuşurluk işlemleri yapma gerekliliği son dönemlerde yeniden önem kazanmaya başlamıştır. Güç tutuşur ürün elde etmede temel amaç yanmayı önlemek olsa da, ürünün konforlu, insan hareketini kısıtlamayacak şekilde, kompakt ve

hafif, etkisinin kuvvetli, ürün üzerinde kalıcılık süresinin uzun; tekrarlı yıkama, kurutma ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı, aynı zamanda çevre dostu olması gerekir. Bunların dışında toksik özelliğinin bulunmaması ve maliyetinin yüksek olmaması güç tutuşur üründen beklenen özellikler arasındadır. Yapılan çalışmalar tüm bu beklentileri karşılayacak ürün geliştirme üzerine yoğunlaşmıştır [Horrocks ve Anand 2000, Horrocks ve Price 2001, Schindler ve Hauser 2004, Mecit 2007].

Tekstil materyallerine uygulanan çeşitli apre işlemlerinde işletme bazında konvansiyonel yöntem hali hazırda en çok uygulanan yöntemdir. İstenilen etki belirli ölçülerde verilebilmekte fakat bu yöntemde hem kimyasal madde tüketimi hem de atık yükü fazla olmaktadır. Biyolojik olarak bozunabilirliği düşük ve atık yükü fazla olan bu kimyasal maddeler hem çevreye hem de insan sağlığına büyük zarar vermektedir. Çevresel kirliliğin büyük önem arz ettiği günümüz dünyasında, atık yükü fazla bu yöntem hem dünya kaynakları bakımından sıkıntı yaratırken hem işletmelerde maliyeti arttırmaktadır. Bütün bu dezavantajları minimuma indirmek amacıyla son dönemlerde tekstil materyallerinin fonksiyonellik kazandırılmasına yönelik olarak çok sayıda proses ve kimyasal madde geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, tekstilde geniş bir kullanım alanına sahip olan % 100 poliester kumaşlar kullanılmıştır. Ev tekstili içerisinde döşemelik ve perdelik gibi pek çok alanda kullanılan bu poliester kumaşlara güç tutuşurluk özelliği gerekli apre işlemleriyle verilmiş ve kumaşların sergiledikleri güç tutuşurluk davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada, konvansiyonel yöntemin yukarıda bahsedilen dezavantajlarını minimize etmek adına, kullanılan kimyasalın miktarını azaltmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, poliester kumaşların bir kısmı apre işleminden önce oksijen gazıyla plazma polimerizasyonu ile yüzey modifikasyonu işlemine tabi tutulurken, diğer kısmına böyle bir işlem yapılmadan, kimyasal yapısında alkil fosfonat bulunan kimyasal ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmıştır. Böylece plazma polimerizasyonu ile kumaşa kazandırılan hidrofilliğin, kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi ve madde alım miktarındaki değişim incelenmiştir. Bunun yanında kullanılan kimyasalın dışında, kaya suyundan elde edilmiş doğal bir malzeme kullanarak poliester kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi araştırılmıştır. Teknik olarak plazma polimerizasyonu yöntemi,

kimyasal uygulamada ise emdirme kurutma (pad dry) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca güç tutuşurluk özelliğini genel olarak inceleyebilmek amacıyla güç tutuşur ipliklerden üretilmiş kumaş, apre işlemi ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış kumaş ve plazma polimerizasyonu ile yüzey modifikasyonu yapıldıktan sonra apre işlemine tabi tutulmuş kumaş, her iki kimyasal madde de göz önünde bulundurularak, karşılaştırma yapılmıştır.

Hazırlanan numunelerin karakterizasyonu aşamasında, uygulanan yöntemlerin kumaş yüzeyleri üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM), yanma özelliklerinin belirlenmesi için ise sınır oksijen indeksi (LOI) ve yüzey karakterizasyonunu incelemek amacıyla infrared spektroskopisi (FT-IR) kullanılmıştır. Uygulanan kimyasalların yıkamaya karşı dayanımları da test edilmiştir.

## 1. KAYNAK ÖZETLERİ

### 1.1. Tekstil Materyallerinin Yanması

#### 1.1.1. Liflerin termal özellikleri

Bazı tekstil liflerinin yanma özellikleri Çizelge 1.1’de, termal özellikleri ise Çizelge 1.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Bazı liflerin yanma özellikleri

Lif	Tutuşma kolaylığı	Yanma hızı	Kendi kendini söndürme	Erime	Duman yoğunluğu	Yanma sırasında açığa çıkan zehirli ürünler		
						CO	HCN	Diğer
Pamuk	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Yün	Geç	Yavaş	Genellikle	Hayır	Orta	X	X	-
Rayon	Kolay	Hızlı	Hayır	Hayır	Hafif	X	-	-
Nylon	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Hafif	X	X	NO <sub>2</sub>
Poliester	Kolay	Yavaş	Hayır	Evet	Orta	X	-	-
Polipropilen	Kolay	Hızlı	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
Akrilik	Kolay	Orta	Hayır	Yumuşama	Ağır	X	X	-
Aramid	Zor	Çok yavaş	Evet	Yumuşama	Hafif	X	-	-
Poliamid	Zor	Çok yavaş	Evet	Evet	Hafif	-	-	-
PBI	Zor	Çok yavaş	Evet	Hayır	Hafif	-	-	-

**KAYNAK:** KALIN, M. B. 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. s.14.

Çizelge 1.1. Bazı liflerin termal özellikleri

Elyaf	Termo plastiklik	Cam. sic. $T_g$ (C)	Erime sıcaklığı $T_m$ (C)	Piroliz sıcaklığı $T_p$ (C)	Yanma sic. $T_c$ (C)	Sınırlayıcı oks. İndeksi  LOI (%)
Yün	Hayır	-	-	245	600	25
Pamuk	Hayır	-	-	350	400	18.4
Viskoz	Hayır	-	-	350	420	18.9
Triasetat	Evet	172	290	305	540	18.4
Nylon 6	Evet	50	215	431	450	20-21,5
Nylon 6.6	Evet	50	265	403	530	20-21,5
Poliester	Evet	80-90	255	420-477	480	20-21,5
Akrilik	Evet	100	>220	290	>250	18.2
Polipropilen	Evet	-20	165	469	550	18.6
Modakrilik	Evet	<80	>240	273	690	29-30
PVC	Evet	<80	>180	>180	450	37-39
PVDC	Evet	-17	180-210	>220	532	60
PFTE	Evet	126	>327	400	560	95
Nomex	Evet	275	375	310	500	28,5-30
Kevlar	Evet	340	560	590	>550	29
PBI	Evet	>400	-	>500	>500	40-42

**KAYNAK:** KUTLU, B. 2008. Plazma Teknolojisi Kullanılarak Çeşitli Doğal ve Sentetik Liflerin Buruşmazlık ve Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. s. 23.

Tekstil liflerin termal özellikleri ve konu ile ilgili bazı tanımlar şu şekildedir.

**Camsı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) :** Termoplastik liflerin ilk yumuşama gösterdiği sıcaklık derecesidir. Malzeme ısıtılmaya başlandığında, molekül zincirini oluşturan ünitelerin enerjisi büyür ve bu enerji, molekül zincirini oluşturan ünitelerin hareketini etkiler. Sıcaklığın artması ile bu hareket hızlanır, molekül zincirleri arasındaki bağ kuvvetleri zayıflar ve zincirler birbirlerine göre daha bağımsız hale gelir. Sıcaklığın azalması ile

ünitelerin dönme hareketi yavaşlar ve belli bir sıcaklıkta durur. Bu esnada atomların sadece kendi konumları etrafındaki titreşim hareketi kalır. Bu sıcaklığa camsı duruma geçiş (camsılaşıma) sıcaklığı denir. Malzeme katı yapıdadır, fakat özgül hacmi artmıştır.

**Erime sıcaklığı ( $T_m$ ) :** Malzeme ısıtmaya devam edilirse ünitelerin hızı artar ve molekül zincirleri yavaş yavaş tamamen bağımsız hale gelir. Yani erimeye ve sıvı gibi davranmaya başlar. Erimenin meydana geldiği sıcaklık derecesidir.

**Piroliz sıcaklığı ( $T_p$ ) :** Malzemeyi oluşturan makromoleküler yapının termal olarak parçalanmaya başladığı sıcaklıktır.

**Yanma sıcaklığı ( $T_c$ ) :** Piroliz sonucu oluşan yanıcı gazların oksitlendiği ve yanmanın gerçekleştiği sıcaklıktır.

**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 [Kalın 2008].

### 1.1.2. Poliester

Poliester günümüzde sentetik elyaf sektöründe en fazla 'çok yönlülük' gösteren bir iplik türüdür ve gerek tekstil gerekse diğer endüstriyel alanlarda geniş çapta kullanılmaktadır. BISFA (Uluslararası Sentetik Lif Standardizasyon Bürosu) üyesi olan Batı Avrupa sentetik lif üreticileri tarafından alınan ortak bir karara göre poliester, kısaca PES olarak anılmaktadır. Poliester universal elyaftır, hemen her amaçla kullanılabilir. Pamuk, yün ve viskonla karıştırılarak değişik modifikasyonlar elde edilerek değişik özellikler kazandırılıp kullanılabilir. Poliester iplikler giyim, dekorasyon kumaşları, battaniyeler, özel dikiş iplikleri, kürk imitasyonları gibi çok çeşitli alanlarda kullanıldığı gibi teknik tekstil alanında koruyucu kumaşlar, tenteler, brandalar, filtre, keçe, yelken bezi üretimi gibi alanlarda da kullanılmaktadır [Yakartepe 1998]. Çizelge 1.3'te poliesterin bazı önemli fiziksel özellikleri ve çizelge 1.4'te bazı kimyasal özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 1.3. Poliester Elyafın Önemli Fiziksel Özellikleri

<b>KRİTERLER</b>	<b>POLİESTER ELYAFININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ</b>
<b>Mikroskopik görünüş</b>	Boyuna kesiti pürüzsüz ve çubuğa benzer bir görünüme sahiptir. Enine kesiti çoğunlukla yuvarlaktır. Düze formuna göre değişik kesitleri de vardır.
<b>Uzunluk</b>	İlk üretildiklerinde sonsuz filament halindedirler. Daha sonra kesikli olarak istenilen boylarda kesilebilirler.
<b>İncelik</b>	Sentetik elyafta incelik üretim sınırlarında istenilen şekilde olur.
<b>Yoğunluk</b>	Dakron 1.38 g/cm <sup>3</sup> , Kodol 1.22 g/cm <sup>3</sup> , Vikron 1.37 g/cm <sup>3</sup> 'tür. Bu değerlerin hepsi ortalama olarak pamuk ve rayondan düşük, poliamid ve akrilikten yüksektir.
<b>Renk</b>	Üretimde beyaz renklidir. İstenirse elyaf çekme çözeltisine pigment renklendiriciler ilave edilerek renkli elyaf elde edilir.
<b>Parlaklık</b>	Üretimde parlaktır. İstenirse lif çekme eriyiğine matlaştırıcı maddeler ilave edilir veya daha sonra çeşitli işlemler ile matlaştırılabilir.
<b>Mukavemet (kuru)</b>	İyi ve mükemmel derecede mukavemete sahiptir. Üretim şekline, monomerlerine ve germe miktarına göre 4.5-8 g/denye arasında değişir.
<b>Mukavemet (yaş)</b>	Kuru mukavemet ve yaş mukavemet arasında pek fark yoktur.
<b>Uzama elastikiyeti</b>	Orta ve iyi derecededir. Esneme yetenekleri normal filament elyafta %15-30, stapel elyafta %30-50 arasındadır.
<b>Rezilyans</b>	Mükemeldir. Buruşmadan iyi bir şekilde eski haline döner.
<b>Nem alma</b>	Çok düşüktür. %0.4 civarındadır. Tamamen hidrofob olarak nitelendirilebilir.
<b>Isı dayanımı</b>	Yumuşama ve yapışma sıcaklığı 230 C'dir. Fiske edilme durumlarında son derece iyi stabiliteleri vardır. Erime noktaları 260 C'dir.
<b>Alev alma</b>	Yavaş yavaş yanar. Serbest ve açık iken damlama olur.
<b>Statik elektriklenme</b>	Nem emiciliğinin düşük olması sebebiyle statik elektriklenme problemi vardır.
<b>Pilling (Boncuklanma)</b>	Tekstil elyafları içerisinde en yüksek derecede pilling poliesterde görülür.

**KAYNAK:** YAKARTEPE Z. VE YAKARTEPE M., Genel Tekstil Ansiklopedisi 1998, Cilt 3

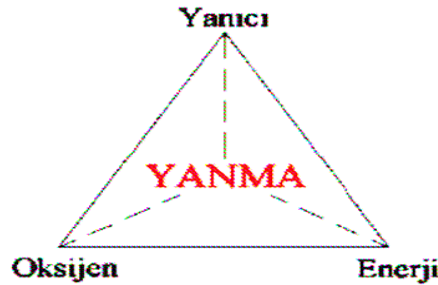
Çizelge 1.4. Poliester Elyafının Kimyasal Dayanımı

ETKENLER	POLİESTER ELYAFININ KİMYASAL DAYANIMI
<b>Su</b>	Son derece hidrofob bir elyaftır. %100 bağıl nemde bile %1 su alabilir. Normal koşullarda %0.4 higroskopik neme sahiptir.
<b>Asitler</b>	Asitlere karşı yüksek bir dayanım gösterir. Anorganik asitlerin %30'u aşan konsantrasyonlarında yüksek sıcaklıkta parçalanır. Zayıf ve orta kuvvetli asitlere karşı dayanıklıdır.
<b>Bazlar</b>	Ester bağlarına rağmen bazlara karşı beklenenden fazla dayanım gösterir. Ancak yoğun anorganik bazlarla muamelede poliester dıştan itibaren parçalanmaya başlar.
<b>Yükseltgen maddeler</b>	Yüksek bir dayanıma sahiptir.
<b>İndirgen maddeler</b>	Yüksek bir dayanıma sahiptir.
<b>Organik çözümler</b>	Büyük çoğunluğuna dayanıklıdır. Kuru temizlemede kullanılan benzen, trikloretilen, karbontetraklorür, perkloretilen gibi çözümlerde zarar görmez. O-diklorbenzen, dimetiltereftalat gibi bazı çözümlerde belirli koşullarda tamamen çözünürler. Organik çözümlerin şişirici etkisi poliesterin boyanmasını kolaylaştırır.
<b>Sıcaklık</b>	200 C'nin üzerindeki sıcaklıklarda zarar görür.
<b>Işık</b>	Işık ve atmosfer koşullarına yüksek dayanım gösterir.

**KAYNAK:** YAKARTEPE Z. VE YAKARTEPE M., Genel Tekstil Ansiklopedisi 1998, Cilt 3

### 1.1.3. Tekstil materyallerinin yanma mekanizması

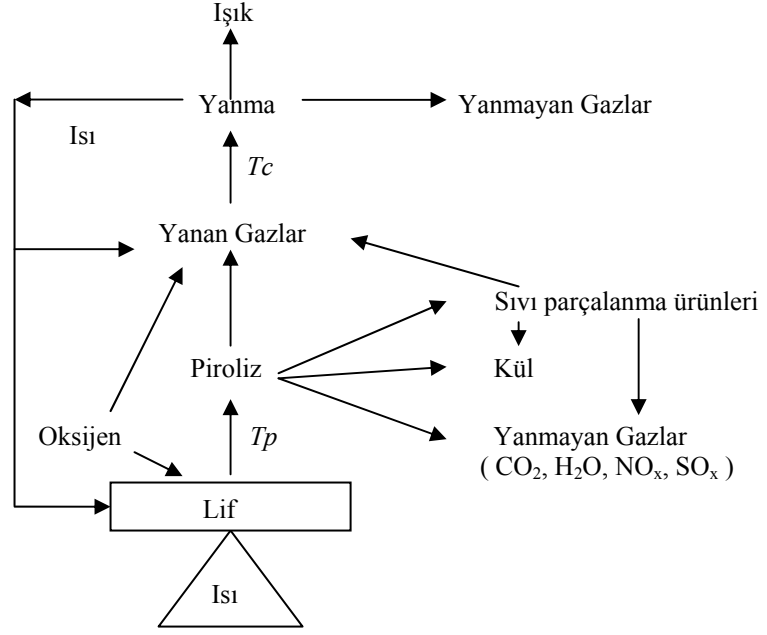
Yanma; ısı, oksijen ve uygun yakıt bileşenlerine ihtiyaç duyan ekzotermik bir reaksiyondur ve oksijen, yakıt kaynağı veya ısı tüketilinceye kadar devam eder. Şekil 1.1'de yanma üçgeni, Şekil 1.2'de ise tekstil liflerinin yanma diyagramı verilmiştir.



Şekil 1.1. Yanma Üçgeni

**KAYNAK:** KALIN, M. B. 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. s.6.





**Şekil 1.2.** Tekstil Lifleri İçin Yanma Döngüsü

**KAYNAK :** SCHINDLER W.D. VE HAUSER P. J., Flame-Retardant Finishes, Chemical Finishing of Textiles 2004, s. 99.

Isı sağlandığı zaman, piroliz sıcaklığına ( $T_p$ ) ulaşmaya kadar, lifin sıcaklığı artmaya başlar. Piroliz sıcaklığında, lifte kimyasal değişiklikler meydana gelir ve yanmayan gazlar (karbondioksit, su buharı, azot ve kükürt oksit gibi), kömürleşme artıkları, sıvı kondensatlar ve yanabilen gazlar (karbonmonoksit, hidrojen ve pek çok okside olabilen organik moleküller) oluşur. Sıcaklık artmaya devam ettikçe, sıvı parçalanma ürünleri de daha fazla yanmayan gaz, kül ve yanan gaz üreterek piroliz olur. Yanma sıcaklığına ( $T_c$ ) ulaşıldığında, gaz fazında bir dizi serbest radikal reaksiyonundan oluşan ve yanan gazların oksijenle birleşmesi ile meydana gelen yanma dediğimiz olay gerçekleşir. Bu reaksiyonlar yüksek derecede ekzotermiktir ve çok büyük miktarda ışık ve ısı üretir. Yanma işlemi tarafından sağlanan ısı, lifin piroliz olmaya devam etmesi için gereken ek termal enerjiyi ve dolayısıyla yanma işlemi için daha fazla miktarda yanan gazların ortaya çıkmasını sağlar [Schindler ve Hauser 2004].

Bir tekstil ürününe dışarıdan ısı verildiğinde, piroliz belli adımlar üzerinden olmaktadır. Örneğin doğal liflerden yanma özelliği çok iyi olan selülozu ele alırsak, eğer selüloz liflerinin pirolizi tam bir dehidratasyon şeklinde olsa idi yanıcı gazlar açığa çıkmayacak ve sonuçta aşağıdaki gibi yalnızca karbon ve su buharına ayrışacaktı.

Ancak pratikte durum böyle değildir. Selüloz lifinin pirolizi sonucu furfurilalkol, furfurol, asetaldehit, metanol, etanol gibi bir dizi yanıcı madde açığa çıkmaktadır [Çoban, 1999].

Yanma davranışı lif tipi ve lif karışımlarının yanı sıra, tutuşturma kaynağının yapısı ve kumaşa çarpma süresi, kumaş oryantasyonu, tutuşma noktası (kumaşın kenarı, yüzü, altı veya üstü), çevre sıcaklığı, bağıl nem, havanın akış hızı ve kumaş yapısı gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Ayrıca iplik yapısının ve geometrisinin yanma davranışına etkisi konusunda yapılan çalışmalarda, farklı iplik büküm yöntemlerinin ipliklerde farklı yanma direncinin oluşmasına sebep olduğu belirtilmektedir [Horrocks ve Price 2001].

## 1.2. Güç Tutuşurluk

Güç tutuşurluk İngilizce’de “Flame Retardancy” yani alev geciktirici olarak tanımlanmakta ve kısaca FR olarak sembolize edilmektedir.

Güç tutuşur tekstiller, alev veya yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşmayan, tutuşsa bile kendi kendine sönebilen tekstillerdir.

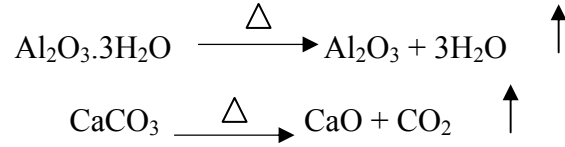
İdeal bir yanmayı geciktirici polimer sentezi için:

- Ateşleme ve alev yayılmasına karşı yüksek dirençlilik,
- Düşük tutuşma hızı,
- Düşük hızda ve miktarda duman meydana gelmesi,
- Yanabilen gazları düşük seviyede tutuşabilmeleri ve zehirli olmaması,
- Kullanım sırasında yanıcılığın şiddetinin azaltılabilmesi,
- Belirli kullanım alanı için özelliklerinin ve görünüşlerinin kabul edilebilir olabilmesi,
- Malın fiyatına etkisinin az olması gereklidir [Çelebi 2009].

### 1.2.1. Güç tutuşurluk sağlayan maddelerin etki mekanizması

Tekstillerin yanma döngüsünü kırmak için birçok yol denenmiştir. Bu yollardan bir tanesi güçlü endotermik reaksiyonlar sonucu termal olarak ayrışabilen materyalleri lifin içerisinde kullanmaktır. Eğer bu reaksiyonlar sonucu yeterli ısı absorplanabilirse, lifin

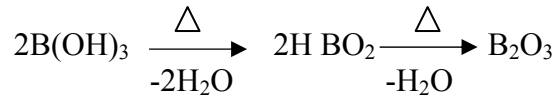
piroliz sıcaklığına ulaşılmamış olacak ve yanma gerçekleşmeyecektir. Bu metoda örnek olarak alüminyumhidroksit veya alüminyumtrihidrat ve kalsiyumkarbonat verilebilir (Şekil 1.3.).



**Şekil 1.3.** Endotermik yıkım reaksiyonları

**KAYNAK :** SCHINDLER W.D. VE HAUSER P. J., Flame-Retardant Finishes, Chemical Finishing of Textiles 2004, s.100.

Diğer bir yaklaşım, lif piroliz sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda, lifi çevreleyen yalıtım katmanı kullanmaktır. Borik asit ve su katılmış tuzları bu yaklaşıma örnektir (Şekil 1.4.). Bu bileşikler ısıtıldığı zaman, dışarıya su buharı verirler ve bu şekilde lifin üzerinde camsı bir yüzey oluşturarak ısı ve oksijenden yalıtılmış olurlar.

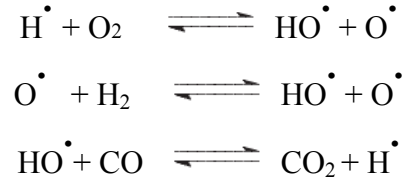


**Şekil 1.4.** Camsı yüzeyin yapısı

**KAYNAK :** SCHINDLER W.D. ve HAUSER P. J., Flame-Retardant Finishes, Chemical Finishing of Textiles 2004, s.100.

Güç tutuşurluk işlemi eldesi için kullanılan üçüncü yol, daha az yanan uçucu madde ve daha çok kül oluşturmak için piroliz mekanizmasını değiştirmektir. Bu yoğun yapı mekanizması fosfor içeren güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerde görülür. Termal bozunma sırasında oluşan fosforik asidin hidroksil grupları içeren polimerlerle çapraz bağ yapması sonucu, dışarıya daha az miktarda yanıcı ürün bırakılmış olur.

Yanmayı önlemede kullanılan dördüncü yol ise işlemin devamı için gerekli ısıyı sağlayan serbest radikal reaksiyonları oluşturmaktır. Buna örnek olarak verilen halojen içeren bileşikler, piroliz sırasında oluşan OH radikallerini yakalayarak bunların hızlı oksitlenmesini sağlar ve yanma için gerekli olan ısıyı azaltır (Şekil 1.5.) [Schindler ve Hauser 2004].



**Şekil 1.5.** Serbest radikal yanma reaksiyonu

**KAYNAK :** SCHİNDLER W.D. VE HAUSER P. J., Flame-Retardant Finishes, Chemical Finishing of Textiles 2004, s. 99.

### 1.2.2. Güç Tutuşurluk Sağlayan Maddelerin Kimyası

En önemli güç tutuşurluk maddeleri üç kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar fosfor ve halojenlere dayalı temel güç tutuşurluk sağlayıcı maddeler, tek başlarına kullanıldığında az miktarda güç tutuşur etkiye sahip olup, temel güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerle kullanıldığında etkinliği artan sinerjistik maddeler (fosforla azot, halojenlerle antimon kullanımı gibi) ve fiziksel etkilerle aktifliklerini ortaya çıkaran güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerdir (borat, alüminyumtrihidrat, kalsiyum karbonat gibi) [Schindler ve Hauser 2004].

### 1.3.Güç Tutuşur Kumaşların Eldesi

Güç tutuşur kumaşlar elde etmek için dört farklı yöntem bilinmektedir. Bunlar:

1. Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması
2. Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi
3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi
4. Kumaşın güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ile işlem görmesidir.

Bu dört yöntem de tekstil teknolojisinde geniş çaplı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kumaşın kullanım alanına bağlı olarak bu yöntemler tek tek, ya da birlikte kullanılarak en iyi güç tutuşma ve yanma davranışını sergileyecek değişik kumaş yapıları elde edilebilmektedir [Kalın 2008].

### **1.3.1. Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması**

Yapısı itibariyle güç tutuşur lifler aramid, poliamid-imid lifleri, polibenzimidazol (PBI), fenolik, polifenilensulfur (PPS), poliakrilat, karbon ve basofil lifleri gibi liflerdir [Horrocks ve Anand 2000, Kalın 2008, Mecit 2007, Ünal 2002].

#### **1.3.1.1. Aramid lifleri**

En çok bilinen aramid lifi Nomex'tir. Özellikle savaş pilotları, tank personeli ve astronotlar için geliştirilmiştir. Dupont tarafından 1970 başlarında Kevlar piyasaya sürülmüştür. Alev maruz kaldıklarında kömürleştiklerinden dolayı belli bir süre için alevden korunmayı sağlamaktadırlar. 250 C'de Nomex oda sıcaklığındakinin % 60'ı kadar kopma mukavemetine sahiptir. 100 saatlik kuru havada 260 C'de bekledikten sonra Nomex'in oda sıcaklığındaki kopma mukavemeti başlangıçtaki % 65'i kadar olmaktadır [Ünal ve ark. 2002].

#### **1.3.1.2. Polamid-imid lifleri**

Kermel ticari ismiyle, Fransa'da üretilmektedir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri Nomex'e benzemektedir. Lif çekimi sırasında beş renkte üretilebilmektedir. Viskon lifleri ile olan karışımları UV ışınlarına olan direnci arttırmaktadır. Erimiş metallere karşı ömrü kısadır [Ünal ve ark. 2002]. % LOI değeri 32'dir. Bu değer aramid liflerinin sınır oksijen indeks değerinden düşük fakat aramid liflerle karşılaştırılabilir düzeydedir. Kermel liflerinin ultraviyole (UV) stabiliteyi düşüktür [Horrocks ve ark. 2001].

#### **1.3.1.3. Polibenzimidazol (PBI) lifi**

PBI lifi, ısıya ve kimyasallarla karşı dayanımları ile tekstil özelliklerini bir arada bulunduran yüksek performanslı bir lifdir. Bu lif ısı ya da direk alev maruz kaldığında eriyip damlamaz, büzülmez hatta gevrekleşmez [Kalın 2008]. Çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında çok az duman ve zehirli gaz çıkarır. Hoechst – Celanese tarafından üretilmektedir. İtfaiyeci, astronot kıyafetlerinde ve uçak mobilyalarında

kullanılmaktadır. Aramidlere göre daha iyi koruma sağlar, kor haline gelmez [Ünal ve ark. 2002].

#### **1.3.1.4. Fenolik lifler ( Novolpid lifler)**

Bu lifler yüksek güç tutuşurluk özelliğine sahiptir. Erimezler ve HCN, halojen gibi toksik gaz içermezler. Açık sarı renktedirler. % 30-34 LOI değerine sahiptirler. Tutuşma sıcaklığı 2500 C'dir. Endüstriyel, askeri kıyafetlerde, koruyucu eldivenlerde, itfaiye giysilerinde kullanılmaktadır [Horrocks ve ark. 2001].

#### **1.3.1.5. Poli (fenilensulfur) lifleri ( PPS)**

Normal atmosferik koşullarda tutuşma olmaz. Koruma giysisi için uygun bir lif grubudur. Philips Petroleum tarafından üretilmektedir. Bir PPS lifi olan Ryton, yaşa çekim ile elde edilir. LOI değeri % 34-35' tir [Ünal ve ark. 2002].

#### **1.3.1.6. Poliakrilat lifleri**

Courtaulds Firması Inidex ismiyle üretmektedir. % 43 LOI değerine sahiptir. Hiç duman ve toksin açığa çıkarmamaktadır. Kimyasal koruma da sağlamaktadır [Ünal ve ark. 2002].

#### **1.3.1.7. Yarı karbon lifleri**

Poliakrilnitril (PAN) lifinin kısmi karbonizasyonu ile üretilmektedir. Celiox ve Panox olarak isimlendirilmişlerdir. Kor halini almazlar. Aramid lifleriyle karıştırılarak sürtünme dirençleri arttırılır. Radyan ısıya karşı metal özellikleri arttırılır [Ünal ve ark. 2002, Horrocks ve ark. 2001].

#### **1.3.1.8. Basofil lifleri**

Basofil sentetik melamine lifleri (MF), BASF tarafından üretilen, ateşe ve aleve karşı yüksek seviyede korumaya sahip olan liflerdir. Bu lifler insanı ve ürünü termal

tehlikelere karşı korurlar. Dokulu ve dokusuz yüzeyler olmak üzere birçok itfaiyeci ve endüstri işçisinin koruyucu kıyafetinde kullanılmaktadır. Üretim yöntemi yüksek viskozitedeki yoğun reçinenin, yüksek devirle dönen bir disk yardımıyla eğrilmesine dayanmaktadır. İlk olarak havayla kurutulan lifler, daha sonra sıcak ortama girer, belirlenmiş bir sıcaklık altında buradan geçirilerek tam olarak şekillendirilmektedir. LOI değeri % 32'dir. Ateş karşısında erimemekte ve damlama yapmamaktadır. Dumanın zehri ise A.B.D. Federal Havacılık İdaresi tarafından uçak uygulamalarında kullanılan limitlerden daha düşük olmaktadır [Ünal ve ark. 2002].

### **1.3.2. Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi**

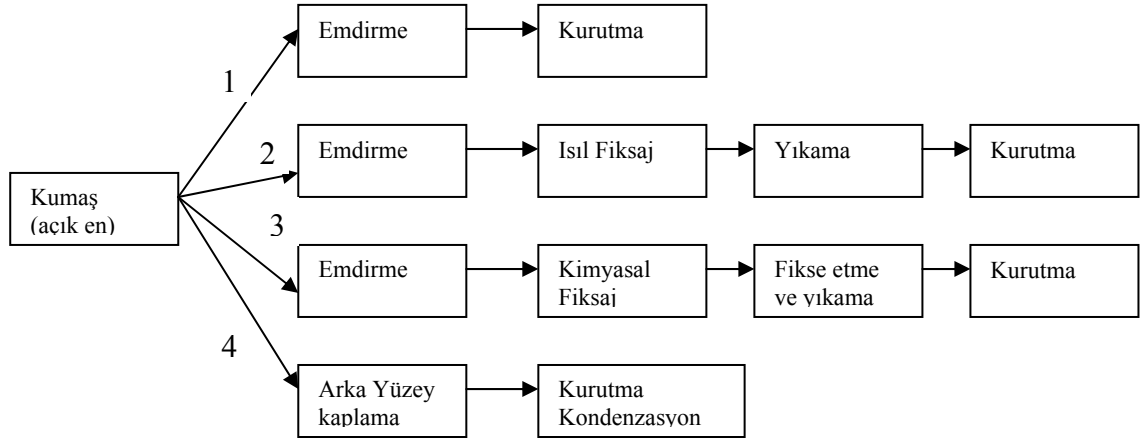
Kimyasal modifikasyon, polimerin bazı kimyasallarla reaksiyona girerek güç tutuşan ürüne dönüşmesi olarak tarif edilebilir. Kopolimerizasyon işleminde, klor gibi güç tutuşma sağlayıcı elementlerden birini içeren bir monomer, ikinci bir monomer ile polimerleşerek kopolimer oluşturur. Böylece, güç tutuşma sağlayan element, polimerin zincir yapısında yer alır ve polimer, yapısı itibarıyla güç tutuşur hale gelir. Bu yöntemle örnek olarak güç tutuşur akrilik/modakrilik, FR viskoz, FR PES, FR Nylon, FR yün, Durvil ve Karvin lifleri verilir [Kalın 2008]

### **1.3.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi**

Sentetik polimerlere güç tutuşur özellik kazandırmak için lif çekiminden önce güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ilave edilir. Bu kimyasallar, organik fosfor bileşiklerini ve antimon oksit ile birlikte organik halojen bileşiklerini içermektedirler. İnorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise hidrathlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Etkin bir güç tutuşurluk elde edebilmek için kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı kimyasal malzemenin bozunma sıcaklığının, polimerin bozunma sıcaklığına yakın olması gerekir. Örnek olarak akrilik, poliamid ve polyester lifleri verilir [Kalın 2008].

### 1.3.4. Kumaşın güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ile işlem görmesi

Başarılı bir güç tutuşurluk bitim işleminin açık en kumaşlara uygulanmasında dört farklı işlem adımı Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



**Şekil 1.6.** Güç tutuşurluk bitim işlemlerinin açık en kumaşlara uygulama aşamaları  
**KAYNAK:** HORROCKS, A. R., PRICE D. 2001. Textiles, Fire Retardant Materials, s.169

1. Metot çoğu dayanıksız ve amonyum fosfat gibi suda çözünebilen kimyasal maddelerle uygulanan basit bir emdirme-kurutma tekniğidir.

2. Metot kırışmaya karşı direnç ya da diğer ısıyla iyileştirme yapılan tekstil terbiye işlemleri için uygulanan bir tekniktir. Güç tutuşurluk eldesinde kullanılan Pyrovatex, Afflamit ve Antiblaze TFR1 gibi fosfonamit sistemlerinin uygulanması için çok uygun bir metottur. İşlem, fosforik asit gibi katalizörlere ihtiyaç duyduğu için yıkama aşamasında mutlaka alkali bir nötralizasyon işlemi yapılmalıdır. Aynı işlem sırası, yarı kalıcı terbiye işlemleri için yıkama aşaması çıkarılarak takip edilebilir. Burada ısı sabitleme aşaması terbiye maddesi ile selüloz arasında bir etkileşim olmasına müsaade eder ve elde edilen güç tutuşur kumaş suda çalkalama ve hafif yıkama işlemlerine kısmen dayanıklı hal alır. Bunun için en iyi örnek amonyum fosfat ile yapılan terbiye işlemidir. Burada apre, kumaşa 160 C'de sabitlenir ve selülozun fosforilasyonu bir parça artar.



3. Metot terbiye maddesinin lifle polimerizasyonunun sağlanması için amonyak gazı ile iyileştirme işleminin yapılmasını gerektiren THPC esaslı Proban işlemi için en uygun işlem akışıdır. Terbiye işleminin dayanıklılığını ve stabilitesini arttırmak için son yıkama ve kurutma işlemlerinden önce oksitleyici fikse işlemi uygulanmalıdır.

4. Metotta kaplama işlemi uygulanarak, güç tutuşurluk sağlayan kimyasal malzeme bir bağlanma patı ile kumaşın arka yüzeyine aktarılır. Bu şekilde kumaşın ön yüzünün estetik görünümü korunmuş olur. Bununla birlikte güç tutuşturucun sağlayacağı etkiyi kumaşın arka yüzeyinden tüm kumaşa nakledebilecek özelliğe sahip olması istenir. Bu yüzden kaplama işlemi için kullanılan güç tutuşturucular gaz faza aktif amonyum-brom ya da diğer halojenli yapıları içeren malzemeler arasından seçilir. Bu metot genellikle döşemelik kumaşların terbiye işlemi için tercih edilmektedir [Horroks ve Price 2001].

#### **1.4.Güç Tutuşurluk Elde Etmek İçin Kullanılan Yeni Yöntemler**

##### **1.4.1. Nanoteknoloji**

Nanoteknoloji tekstil sektörüne de girmiş ve pek çok alanda, bununla ilgili olarak çalışmalar yoğunlaşmıştır. İki boyutlu nanomateryaller, nanolif veya karbon nanotüpleri kapsamaktadır. Havacılık, uzay gemileri, otomobil endüstrisi ve balistik tekstillerde kullanımı için son derece yüksek mukavemete sahip nanokompozit üretiminde kullanılmaktadır. Üç boyutlu yapıdaki nano materyaller yumuşatma, antimikrobiyal, yağ ve kir iticilik bitim işlemleri, güç tutuşurluk gibi çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Ayrıca, polimer içinde mikrokapsül olarak da farklı uygulamalarda kullanılabilir [Esen ve ark. 2006]

Nanoteknoloji ile kumaşlara kazandırılan özellikler daha kalıcı olmaktadır. Bu da nanopartiküllerin yüzey alan/hacim oranının ve yüzey enerjilerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [Göcek ve ark. 2007]. Bazı nano yüzeyli materyaller güç tutuşurluk özelliğine sahiptirler. Yanıcı bir ürün için bu alev önleyici materyallerin kullanımı güç tutuşurluk bitim işlemleri açısından yeni bir alan oluşturmuştur. Nano yüzeyli bu materyallerin kendilerine özel boyutları ve yapısal etkileri ile güç tutuşur ürünler elde etmek mümkündür [Zhang 2009]. İnorganik-organik hibrit (IOH) nanoparçacıklar,

ateşlendiğinde kendini söndürebilme yeteneğine sahip, alev oluşumunu sınırlayan, düşük duman ve toksik gaz emisyonları sağlayan alev itici polimerlerin gelişmesine olanak sağlamıştır [Göcek ve ark. 2007].

Nanoteknolojinin tekstilde diğer bir uygulama alanı da güç tutuşurluktur. Nanopartikül formundaki güç tutuşurluk maddeleri naylon 6.6. liflerine uygulandığında güç tutuşurluğu önemli ölçüde arttırdığı ifade edilmektedir. Örneğin naylon 6.6 filmlerine fonksiyonel nanokil ilave edildiğinde, ısı açığa çıkarma oranının düştüğü ve kömür oluşumunu desteklediği görülmüştür. Fosfor esaslı bileşiklerle kombinasyon halinde uygulandığında ise, yine kömür oluşumunun desteklendiği görülmüştür [Esen ve ark. 2006]

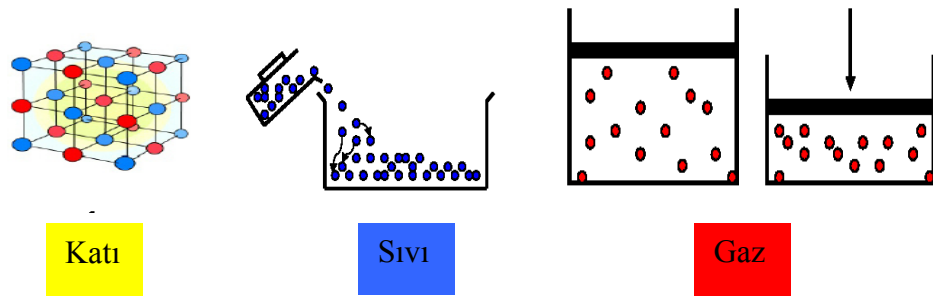
#### **1.4.2. Mikrokapsülasyon**

Mikrokapsülasyon, ilaç, protein, boya veya kozmetikler gibi çeşitli kimyasalların sıvı, gaz veya katı halde uygun bir kabuk içerisinde hapsedilmesidir. Kapsüllenen maddeye çekirdek, kaplama maddesine de çeper, kabuk veya duvar materyali denir [Erkan 2008]. Mikrokapsül, polimerik bir duvar ve bu duvar içerisinde hapsedilmiş sıvı maddesinden oluşur. Kapsül duvarı, içindeki sıvıya inert olan bir maddedir. Mikrokapsül yapım yöntemlerinde, çekirdek maddenin polimer içerisinde mikron boyutunda dağılmasını sağlayabilmek için karışmayan iki sıvıdan emülsiyon yapımı ilk adımdır. Yapılış şekillerine göre koaservasyon, arayüzey ve insitu polimerizasyonu, sprey kurutma, sıvıların katılaştırılması, sıvı sisteminin ısı ile kurutulması, eritme soğutma gibi çeşitli mikrokapsül yöntemleri mevcuttur [Övez 2002]. Kapsül içerisine güç tutuşurluk maddesi koyarak ve bu oluşan kapsülü tekstil materyaline apliance ederek güç tutuşur tekstil ürünleri elde etmek mümkündür. Örneğin poliüretan ve fosfatın kombinasyonu iyi bir güç tutuşurluk etki sağlamaktadır fakat fosfatın suda çözünmesi ve migrasyonu nedeniyle fosfatla yapılan güç tutuşurluk bitim işlemi kalıcı olmamaktadır. Giraud ve ark. diamonyum hidrojen fosfatı (DAHP) poliüretan kabuk içerisinde (PUR) kapsüllemişlerdir. Poliüretan ile mikrokapsüllemiş fosfatın önemli ölçüde güç tutuşurluk etki gösterdiği belirtilmiştir [Girauda ve ark. 2002] .

### 1.4.3. Plazma teknolojisi

#### 1.4.3.1. Plazma nedir?

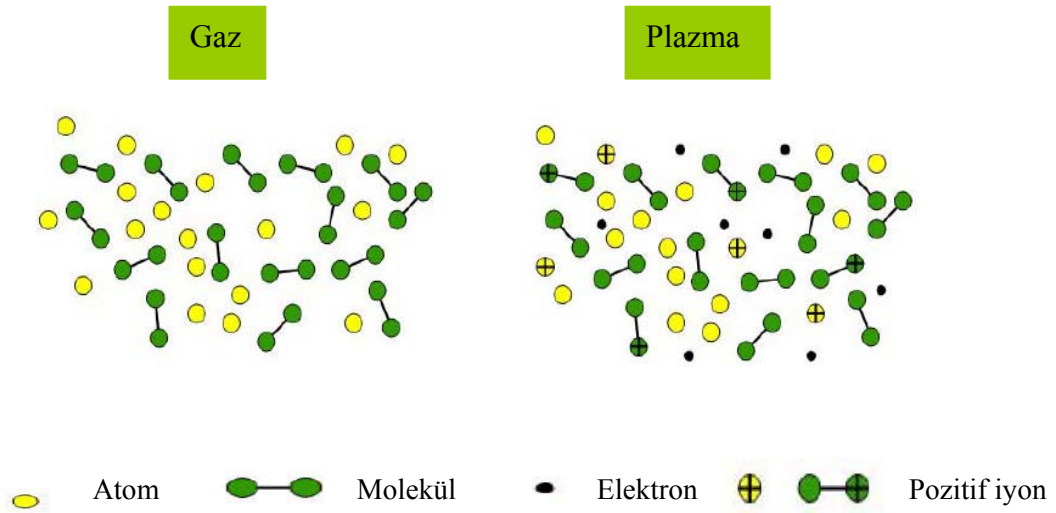
Plazma maddenin en yüksek enerjiye sahip olan dördüncü halidir. Katı bir maddeye enerji verildiğinde, sıkı bir kafes içerisinde bulunan atomların arasındaki mesafe artmakta ve atomlar titreşimlerini daha serbest yapmaya başlamaktadır. Bu durumda katı madde eriyip sıvı hale geçmektedir. Bu maddeye enerji vermeye devam edilirse, atomların hareketliliği artmakta ve madde buharlaşması için gerekli enerjiyi aldığı anda yapı içerisindeki atomlar oldukları yerden ayrılarak serbest halde rastgele yönlerde hareket etmeye başlamakta yani gaz hale geçmektedir (Şekil 1.7.).



Şekil 1.7. Maddenin 3 hali

**KAYNAK** : MOORE R. 2008. Plasma Surface Functionalization of Textiles Institute of Nanotechnology , [www.nano.org.uk](http://www.nano.org.uk)

Enerji verme sürdürüldüğünde, atom ve moleküller rastgele yönlerden hareket eden yüklü parçacıklara (iyon ve elektronlar) ayrılmaya başlamakta ve madde plazma haline geçmektedir (Şekil 1.8.). Bu nedenle plazma, aslında tamamen iyonlaşmış halde olmamakla birlikte, kısaca iyonlaşmış gaz olarak da tanımlanmaktadır [Kutlu 2008].



**Şekil 1.8.** Maddenin dördüncü (plazma) hali

**KAYNAK :** MOORE R. 2008. Plasma Surface Functionalization of Textiles Institute of Nanotechnology , [www.nano.org.uk](http://www.nano.org.uk)

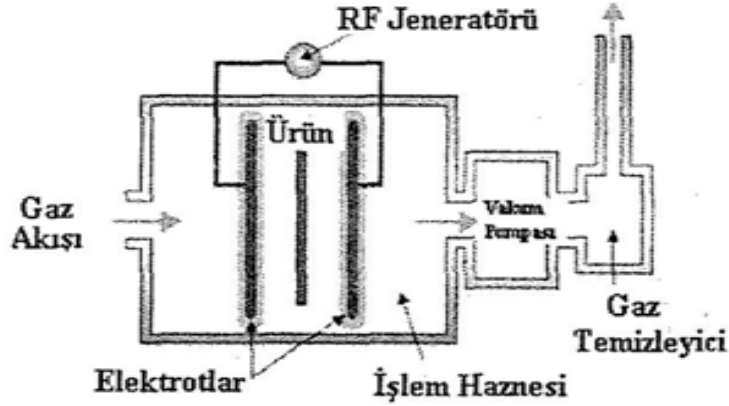
#### 1.4.3.2. Plazmanın sınıflandırılması

Plazmalar üretim yöntemlerine göre sınıflandırılabilir gibi, plazmada elde edilen gazın sıcaklığına, basıncına, parçacık yoğunluğuna ve iyonlaşma derecelerine göre de sınıflandırılabilir.

Basınçlarına göre plazmaları incelediğimizde, yüksek basınç plazmaları (atmosferik basınç plazmaları) ve düşük basınç plazmaları (vakum plazmaları) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Vakum plazmanın tekstil materyallerinin yüzey modifikasyonunda etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından kanıtlanmıştır [Karahan ve ark. 2006]. Yüzey modifikasyonu için en yaygın kullanılan plazma sistemi vakum altında çalışan plazma sistemi olmasına rağmen yüksek sermaye maliyeti ve vakum altında çalışmanın sürekli olarak yapılamaması nedenleriyle vakumlu sistemlere alternatif atmosferik basınçta çalışan sistemler geliştirilmesi endüstriyel plazma mühendisliğinin güncel çalışma alanıdır [Kutlu 2008].

Vakum plazmalar genellikle 10 mTorr ve 1 mm Hg altındaki basınçlarda oluşan plazma türüdür. Şekil 11'den de görüldüğü gibi işlem kontrollü, kapalı bir sistemde

gerçekleşmektedir. Kullanılan gaz, gaz akışı ve basınç, uygulanan potansiyel gibi değişkenler işlem etkinliğini belirlemektedir [Karahan ve ark. 2006].



Şekil 1.9. Vakum plazma cihazı

**KAYNAK:** KARAHAN A., E. ÖZDOĞAN, N. YAMAN, T. ÖKTEM, A. DEMİR, N. SEVENTEKİN. 2006. Tekstilde Plazma Teknolojisinin Kullanım Olanakları :Plazma Nedir?, Tekstil ve Konfeksiyon, s. 304.

Plazma işlemleri sırasında son ürünün özelliklerini etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bunlar, plazma sisteminin yapısı, gaz/monomer reaktifliği, çalışma basıncı, güç, plazma işlem süresi, kullanılan gazın cinsi, miktarı ve materyalin boyutudur [Kutlu 2008].

Soygazların dielektrik bozulma voltajları düşük olduğu için, soygaz kullanılarak iyonizasyon etkisi baskın hale getirilebilmektedir. Bu yüzden plazma uygulamalarında Ar, Ne, He gibi soygazlar kullanılmaktadır. Plazmada bulunan aktif türlerin yüzey ile etkileşimi sonucunda fonksiyonel gruplar ve çapraz bağlar meydana gelebilmektedir. Bu etkiler argon, helyum gibi soy gazlar veya oksijen, azot, amonyak, hidrojen, karbon dioksit, flor gibi kimyasal açıdan reaktif gazların tek başına veya kombine bir şekilde kullanılmasıyla elde edilmektedir. Azot ve su (buharı) gibi gazlar temelde reaktif olmayan fakat plazma etkisi ile reaktif hale gelen gazlardır. N<sub>2</sub> plazma polimer yüzeylerin hidrofiliğini, boyanabilirliğini, adhezyonunu artırmak için kullanılmaktadır.

Oksijen ve oksijen içeren plazmalar, genellikle polimerin hidrofiliğini, adhezyonunu, boyanabilirliğini artırmaktadır, işlem parametrelerine ve polimer tipine

bağlı olarak C-O, C=O, O-C=O ve C-O-O gibi fonksiyonel gruplar veya yüzeyde aşınmalar meydana gelmektedir. Vakum (1 mm Hg altında) veya atmosferik plazmada gerçekleşen glow deşarjı, atomik oksijen ile moleküler bağları koparabilecek ve organik proteinleri bozuşturabilecek ozon, UV ışınları (fotonları), kuvvetli-şiddetli iyonlar ve elektronların oluşumuna neden olmaktadır.

Florlu gaz kullanımı sonunda ise hidrofobluk artmaktadır. Kullanılan gaz, işlem verimliliğinin yanında plazmanın rengini de etkilemektedir. Plazma rengi yüksek enerjili atomların, iyonların veya moleküllerin daha düşük enerji seviyelerine düşerken yaydıkları radyasyon sonucu oluşmaktadır [Karahan ve ark. 2006]

#### 1.4.3.3. Plazma işleminin etkileri

Plazma işlemi esnasında oluşan reaktif parçacıklar, polimerin temel özelliklerini bozmadan yüzeyde çeşitli modifikasyonlara sebep olmaktadır. Bu modifikasyonlar, yüzey aktivasyonu, temizleme, aşındırma, aşılama, çapraz bağlanma şeklinde meydana gelebilmektedir [www.plasmionique.com/docs/McGill.ppt ]

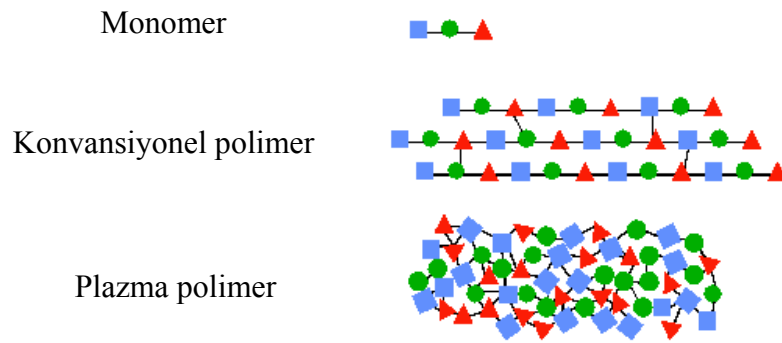
**Yüzey aktivasyonu**, zayıf bağlanan reaktif karbonil, karboksil ve hidroksil grupları ile yer değiştirmesidir. Plazma işleminden sonra yüzey süper aktif hale gelmekte ve amino grubu fonksiyonel gruplar sayesinde de aktivasyon gerçekleşebilmektedir.

**Temizleme**, yüzeyden organik artıkların uzaklaştırılması işlemidir. İyon bombardımanı sırasında yüzeyde bulunan gözle görülmeyen kirlilikler (yağ filmleri, kısmen absorbe edilmiş kirler) fiziksel olarak buharlaştırılarak uzaklaştırılmaktadır. İşlemin etkinliği kullanılan gaza göre değişmektedir. Plazma işleminde mekanik bir etkileşim olmadığı için parçacıklar veya anorganik kontaminasyonlar uzaklaştırılamamaktadır.

**Aşındırma** ile yüzeydeki zayıf kovalent bağlar koparılmakta, plazma ile katı yüzey arasındaki etkileşim sonucu gazlı ürünler oluşmaktadır. Materyalde meydana gelen

aşınma maddenin buharlaşması sonucu meydana gelmektedir. Aşınma etkisi ile toplam yüzey alanı artmaktadır. Böylece, materyalin özellikle adhesif özelliği artırılmaktadır.

**Aşılama**, plazma polimerizasyonu etkisiyle (Şekil 1.10.) yüzeyde ince bir polimer tabakasının oluşturulmasıdır. Gaz seçimi ve işlem parametrelerine bağlı olarak farklı özelliklere sahip (hidrofil, hidrofob) bir tabaka oluşturulmaktadır.



**Şekil 1.10.** Plazma etkisiyle meydana gelen polimerizasyon  
**KAYNAK:** [www.plasmionique.com/docs/McGill.ppt ]

**Çapraz bağlanma**, plazma işlemi sırasında polimer yapısında meydana gelen parçalanmalar sonunda oluşan reaktif grupların etkileşimi sonucu oluşmaktadır. Çapraz bağlanmalar sonunda polimer zincirleri bağlanıp üç boyutlu bir ağ oluşturmaktadır. Bu işlem için işlem gazında karbon, silisyum veya sülfür gibi bağ yapıcı atomlar bulunmaktadır [Karahan ve ark. 2006].

#### 1.4.3.4. Plazma işleminin tekstilde kullanımı

Plazma teknolojisi, su gereksinimi olmaması, işlemin gaz fazında gerçekleşmesi, kullanılan kimyasal madde miktarının çok az olması, kısa işlem süresi, endüstriyel atığa sebep olmaması, tekstil materyalinin mekanik özelliklerine zarar vermemesi, işlemin sadece lif yüzeyinde etkili olması ve enerji tasarrufu sağlaması gibi avantajları nedeniyle son zamanlarda yaş işlemlere göre önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Materyalin atomik boyutta kontrol edilebilmesini sağlaması da avantajları arasında yer

alırken, işlemin yavaş ve donanımların pahalı olması dezavantajlarıdır [www.plasmionique.com/docs/McGill.ppt].

Plazma işlemleri hem doğal hem de sentetik esaslı tekstil mamullerine fonksiyonellik kazandırmak amacıyla ön terbiyeden bitim işlemlerine kadar birçok alanda denenmiştir. Tekstil materyaline su iticilik, hidrofolluk, iyi boyanabilirlik, antimikrobiyal özellik ve güç tutuşurluk gibi pek çok fonksiyonellik, plazma işlemi ile kazandırılabilir [Lehmann 2006].

Polimerik malzemelerin bir kısmı materyale iyi adhezyon özelliği sergileyemediğinden, hem güç tutuşurluk maddesinin hem de polimerin yapışkanlık özelliğini kuvvetlendirmek ve ara yüzeyin afinitesini arttırmak amacıyla, yüzeye bağlama maddesi ile yüzey modifikasyonu yapılmaktadır [Zhang 2009]. Hekzametildisiloksan ve hekzametildisilanın plazma polimerizasyonu ile pamuk ve poliamid kumaşların yüzey modifikasyonunun ve karakterizasyonunun incelenmesi [Kılıç 2007] buna örnek olarak verilir.

### **1.5.Güç Tutuşurluk Test Metotları**

Güç tutuşurluk işleminin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulacak çok sayıda özellik söz konusudur. Materyalin cinsi ile ilişkili yanma davranışı, materyalin bulunuş şekli, materyalin yüzey yapısı, alevin çıkış kaynağı vb. değişkenlere bağlı olarak geliştirilen çok sayıda test metodu, standartlarda yer almaktadır. Bu standartlardan en çok kullanılanları malzemenin bulunuş konumuna göre; dikey yakma testi (DIN 54336), havlı ve havsız yer döşemeleri için dikey yakma testi (DIN 54332), yatay yakma testi (DIN 54333), 45°lik eğik yanma testi (DIN 54335), yanmanın kaynağına bağlı olarak sigara test yöntemi (BS 5852, kısım 1) butangaz testi (BS 5852, kısım 2) yanma için ortamda gerekli olan oksijen miktarının tespiti için LOI (Limited Oxygen Index) testi (ASTM D 2863-00), yanma sırasında açığa çıkan toksikliğin belirlenmesinde kullanılan toksisite testi (ISO 5659) sayılabilir. Bunların dışında da çok sayıda ve her ülke standardında yer alan güç tutuşurluk testleri bulunmaktadır. Örneğin Fransız NF P 92 503-507 ve IMO ( International Maritime Organization) FTP Code part 7 testleri de mevcuttur. Güç tutuşurluk testleri hangi yöntemle yapılsa yapılsın genel



değerlendirmede göz önünde bulundurulması gereken konular; tutuşturma kaynağı uzaklaştırıldıktan sonraki yanma süresi, alevli yanma bittikten sonraki içten yanma süresi, test sonunda oluşan kömürleşme boyu ve alanı, yanmanın ilerleme hızı, damlama olayı, gaz veya duman çıkarma durumudur [ Çoban 1995, Çelebi 2009].

### 1.6. Literatür Araştırması

Yapılan araştırma ve incelemeler sonucu dünya pazarı açısından güç tutuşurluk özelliğinin tekstil malzemeleri için aranan başlıca özelliklerden biri olmaya başladığı, bu alanda oldukça fazla çalışmaların yapıldığı görülmüştür.

Konvansiyonel güç tutuşurluk işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerin yapıları, yıkama dayanımları ve sağladıkları etkiler göz önüne alındığında çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, işlemin yıkamaya dayanıklı olması ancak bunu sağlayan kimyasalın toksik etkisinin olmaması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalarda ağırlıklı olarak yüzey modifikasyonu yöntemleri içerisinde yer alan plazma polimerizasyonu, yeni teknikler olarak da mikrokapsül ve nanoteknoloji uygulamaları öne çıkmaktadır. Aşağıda hem konvansiyonel yöntemle yapılan güç tutuşurluk işlemlerine yönelik çalışmalara, hem yeni tekniklerle geliştirilmiş güç tutuşurluk işlemlerine hem de plazma teknolojisi kullanılarak tekstil malzemelerine kazandırılmış diğer fonksiyonel özelliklere yönelik yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

**Tsafack** ve ark. [2007] multifonksiyonel yüzeyler üretebilmek için, soğuk plazma tekniği kullanarak, pamuklu kumaşlar üzerinde güç tutuşurluk bitim işlemiyle kombine edilmiş su iticilik işlemini araştırmışlardır. Bunun için, güç tutuşur monomerlerinin (akrilat fosfat ve fosfonat türevleri) Ar endüklenmiş plazma aşısı polimerizasyonuna (PIGP) kombine edilmiş CF<sub>4</sub> (karbontetraflorür) plazma işlemiyle elde edilen su iticilik bitim işlemini veya 1,1,2,2, tetrahidroperflordesilakrilatın (AC8) Ar endüklenmiş plazma aşısı polimerizasyonunu içeren 3 ayrı protokol önerilmiştir.

Bu çalışma pamuk kumaşlar üzerinde soğuk plazma kullanarak 2 farklı özelliği birleştirmek mümkün mü sorusuna cevap aramıştır. Sonuçlar, kullanılan güç tutuşur monomerlerinin su iticilik bitim işlemiyle uyum sağladığını göstermiştir.

Güç tutuşurluk bitim işleminin verimliliği CF<sub>4</sub> plazma işleminden etkilenmemiştir. Hidrofobik karakterin, CF<sub>4</sub> plazması ile işlem görmüş olanlara göre, AC8 ile işlem görmüş güç tutuşur pamuk numuneleri için daha yüksek olduğu görülmüştür. Akrilat fosfonat türevlerinin AC8 ile (70:30) oranında kompozit edilmesiyle, PIGP prosedürü kullanarak, pamuğa çok iyi özellikte güç tutuşurluk ve su iticilik özelliği kazandırılmıştır. Üstelik bu kazandırılan özellikler yıkamaya karşı dirençli olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar çok fonksiyonlu yüzey üretimi için cesaret verici adımlar olmuştur.

**Huang** ve ark. [2008] çevrenin korunması, halk sağlığı ve güvenliği adına çevreye daha az toksik madde bırakan fosfor içeren güç tutuşur maddelerin, konvansiyonel halojen içeren güç tutuşur maddelerin yerini almak için geliştirilmiş olduğunu belirtmişlerdir. Güç tutuşur maddeler temel polimerik zincirlere kimyasal olarak bağlandıkları için, işlem sırasında polimer yüzeyine göç etmediklerinden güç tutuşma efekti ve fiziksel özellikleri etkilenmemiştir. Bu nedenle temel veya yan zincirlerde fosfor bulunan kopoliester sentezlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda kopoliester fosforun (FR-PET) LOI değeri % 31,5 olarak ölçülmüş, yüksek derecede güç tutuşurluk özelliği kazandığı ve damlama yapmadığı belirlenmiştir.

**Tsafack** ve ark. [2006] pamuk gibi doğal kökenli tekstillere kalıcı güç tutuşurluk özelliği kazandırma konusunda hala mücadele verilmekte olduğunu çünkü bu işlemin sadece yüzeye uygulanabildiğini belirtmişlerdir. Üstelik yıkamaya ve sert hava koşullarına karşı direnç gösterebilmesi için, güç tutuşur maddenin kovalent bağlar yardımıyla yüzeye sıkı bir şekilde tutunması gerektiğini vurgulamışlardır. Bunun için, pamuklu kumaş üzerinde argon plazma işlemi ile güç tutuşur monomerlerin eş zamanlı aşılması ve polimerizasyonu yapılmıştır. Bu işlem için güç tutuşur monomer olarak fosfor, dietilfosfat(akriloksiletıl) (DEAEP), dietil-2-(metakriloksiletıl)fosfat (DEMEP),

dietil(akriloksümetil)fosfonat (DEAMP) ve dimetil(akriloksümetil)fosfonat (DMAMP) içeren 4 akrilat monomeri kullanılmıştır.

Aynı zamanda iki yeni fosforamid monomeri olan dietil(akriloksietil)fosforamidat (DEAEPN) ve akriloksi-1,3-bis(dietilfosforamidat)propanın (BisDEAEPN) sentezi ve plazma aş polimerizasyonu rapor edilmiştir. En yüksek LOI değerlerinin %28,5 ve %29,5 ile DEAEPN ve BisDEAEPN'e ait olduğu görülmüştür. Yıkama işlemlerinden sonra LOI değerlerinin giderek düştüğü görülmüştür. Fosforamid monomerlerinin iyi güç tutuşurluk özelliğinin azot varlığında daha etkili olduğu belirtilmiştir. Poliakrilnitril ve pamuk kumaşlar karşılaştırılarak, fosfor bileşiminin performansını sadece kimyasal yapıya değil aynı zamanda uygulanan polimerik materyalin tabiatına da güçlü şekilde bağlı olduğunu belirtilmiştir.

**Tsafack** ve ark. [2006] poliakrilnitril kumaşlara düşük basınç plazma tekniği uygulayarak, güç tutuşur özellik kazandırmak amacıyla güç tutuşurluk için efektif monomer olarak bilinen fosfor, dietil(akriloksietil)fosfat (DEAEP), dietil-2-(metakriloksietil)fosfat (DEMEP), dietil(akriloksümetil) fosfonat (DEAMP) ve dimetil(akriloksümetil)fosfonat (DMAMP) içeren 4 akrilik monomeri argon plazması aş polimerizasyonunda kullanmışlardır.

Prosedür nasıl işlese işlesin, işlem görmemiş kumaşlara oranla işlem görmüş son kumaşların LOI değerlerinde 6 ünite artma elde edilebilmiştir. Yinede, bu sonucu elde edebilmek için minimum %3 lük fosfor ağırlığı gerekmekte olduğu ve monomer veya polimer içeren fosforun moleküler ağırlığı alınırken, ağırlığın en az %25 -30'u kadar eklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Kullanılan bu tek adımlı prosedür kumaş yüzeyi üzerine monomerleri eş zamanlı olarak aşlamaya ve polimerize etmeye izin vermiştir. Bu şekilde, polimer kovalent bağla kumaş yüzeyi üzerine bağlanmış ve yüksek sıcaklıklarda yıkamaya karşı dayanım gösterebilmiştir.

**Andrae** [2007] sentetik tekstiller üzerinde bromla işlem görmüş alev geciktiricilere çözüm getirmek üzerine yaptığı çalışmada yüksek yıkamalar da değil fakat düşük yıkama sayılarında bromlanmış alev geciktiricilerin poliester üzerinde halojen

içermeyen alev geciktiricilere göre çok daha iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir. Yanma test analizlerinin istatistiksel sonuçlarına göre fosfor bazlı alev geciktiricilerin 3,10 ve 25 yıkamadan sonra bromlanmış olanlara göre iyi bir alternatif olduğu ve naylon üzerinde en iyi performansın fosfor işlemiyle sağlandığı görülmüştür. Hiçbir halojen içermeyen alev geciktirici, naylon/poliester karışımı dokusuz yüzey için alev geciktiriciliği bakımından başarılı olamamıştır.

**Mathews** [2007] alev geciktiricilerin (FR) pamuk ve pamuk karışımlarına olan etkisini incelemiştir. Selülozik kumaşlar ve karışımları için dayanıklı alev geciktiricilerin geçmiş birkaç yıl içinde çevreye ve insana potansiyel toksik etkisi olan amonyak işlemi veya antimon/brom karışımı bileşimleri içerdiği ve brom içeren materyallerin FR işlemleri için sık kullanılmakta olduğu fakat böyle zararlı maddeleri kullanmamak için yeni formulasyonlar aranmakta olduğu belirtmiştir. Bu çalışma ile insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen, antimon ve brom içermeyen ve normal emdirme/ kurutma yöntemleriyle elde edilebilir FR işlemleri bulunmuştur.

**Saihi** ve ark. [2006] çalışmalarında poliüretanla fosfatın kombinasyonu efektif bir FR sistemi sağladığını fakat fosfatın suda çözünebilir olması ve migrasyonu sebebiyle kalıcı olmadığını bu nedenle mikrokapsülasyonun da bu FR sistemine alternatif bir yol olarak karşımıza çıkmakta olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma ara yüzey polimerizasyon metodunu kullanarak di-amonyum hidrojen fosfatın (DAHP) poliüretan zarı tarafından mikrokapsülasyonunu içerir. DAHP mikrokapsüllerinin kimyasal ve fiziksel yapısı karakterize edilmiştir. Termal analizine göre DAHP mikrokapsülleri bir ara yüzey sisteminin karakteristik özelliklerini göstermiştir. Bu çalışma ile poliüretanla amonyum fosfatın mikrokapsülasyonu, ara yüzey polimerizasyonu ile başarılı bir şekilde yürütülmüştür.

**Giraud** ve ark. [2005] tekstil kaplamaları için geleneksel poliüreler içinde ara yüzey alev geciktirici FR olarak, DAHP mikrokapsüllerinin (diamonyum hidrojen fosfat) polieter-poliüretan kabuğu ve poliester–poliüretan kabuğu olmak üzere 2 tipini incelenmiştir. Bu yeni konseptin avantajının, kapsüllenmiş FR maddesi ile polimerik matriksin birbirine uyum göstermesi olduğu, böylelikle kalıcı bir FR efekti ve birçok

materyal için efektif bir FR ara yüzey formülasyonu olduğu belirtilmiştir. Bu incelemede mikrokapsüller ve bileşimleri termal analiz tarafından incelenmiştir. Termal analiz sonucu mikrokapsüllerin iki tipinin de ara yüzey geliştirilmesine bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda 450 C'nin üzerinde belirgin bir termal stabilite sağladığı görülmüştür. Bu mikrokapsüllerin pamuklu kumaşa efektif bir FR özelliği kazandırdığı sonucuna varılmıştır.

**Cardoso** ve ark. [2007] çalışmalarında organik FDM (faz değiştiren materyal) mikrokapsüllerin kullanılması (mFDM) teknik tekstiller alanında sıcaklık ayarlayıcı ortam olarak yer almaya başladıklarını ve bundan dolayı su geçirmez koruyucu giysi giyildiğinde vücudu konforlu sıcaklıkta tuttuklarını belirtmiştir. Fakat itfaiye koruyucu giysisi gibi uygulamalar için standartların materyali oluşturan tüm bileşenlerin güç tutuşur olması gerektiği belirtilmiştir. mFDM uygulamasının genellikle dokusuz yüzeyle kullanıldığı gibi, lif yüzeyine binder kullanılarak emdirme yöntemiyle veya tekstil kumaşının tek tarafına PU kaplaması ile yapıldığı anlatılmıştır. Binderlerin yanıcı olduğu, bu yüzden bu tür uygulamaların güç tutuşur materyaller için uygun olmadığı belirtilmiştir. Daha az binder ile mFDM lerin life fiksajındaki diğer bir yol için binder olarak daha dıştaki termoplastik duvar içeren kaplanmış mikrokapsüllerin kullanılması önerilmiştir. Bu yöntem ilk olarak mFDM lerin fiksajı için test edilmiştir fakat EN532 standartına göre yapılan testten dokusuz yüzey hala geçememiştir. İkinci bir termoplastik duvar içermeyen mikrokapsüllerin, alternatif olarak yanmaz reçine ile fikse edilerek ve güç tutuşurluk reçeteleri uygulanarak örneklerin testi geçmesi mümkün hale getirilmiştir. Fakat mFDM'nin testten geçmesi için gereken güç tutuşurluk maddesinin ve termofiksaj için reçinenin miktarı oldukça yüksek olduğundan materyal kabul edilemez ölçüde sert hale gelmiştir.

İtfaiye giysilerinin içerisindeki standart dokusuz yüzey astarına güç tutuşurluk özelliği kazandırmak için farklı teknolojiler test edilmiştir. Hem mikrokapsül hem de dokusuz yüzey güç tutuşurluk bitim işleminin kombinasyonunun uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca mikrokapsül çevresinde çok az miktarda termoplastik binderin kullanılmasının bile testte başarısızlığa neden olduğu bulunmuştur. mFDM üzerine daha önceden uygulanan borik asidin dokusuz yüzeye uygulanan ve fosfor kökenli güç

tutuşurluk bitim işlemleriyle sonuçları iyileştirdiği görülmüştür. Bu durumda orijinal dokusuz yüzeyin tutum ve diğer özellikleri korunmuştur.

**Akköprü** ve ark. [2007] çalışmalarında poliester esaslı kumaşlara, antibakteriyel ve antibakteriyel özellik beraberinde yanma dayanımını da katmaya yönelik incelemeler yapmıştır. Bu amaçla kumaşlara gümüş ve gümüş/fosfor aşıl原因mış, sol-jel esaslı silika kaplamalar uygulanmıştır. Antibakteriyel performans ve yanmazlık testleri gerçekleştirilmiştir. Kumaş yüzeylere tatbik edilen etanol ve hidrojen peroksit ile uygulanan ön yüzey işlemlerinin, kaplama morfolojisindeki değişim ve silika, gümüş ve fosforun erozyonuna olan etkisi sistematik olarak incelenmiştir.

Etanol ve hidrojen peroksit ile yapılan yüzey işlemlerinin kaplamaların kumaşlara bağlanmasında önemli rol oynadıkları bulunmuştur. Etanol ile yüzey işlemi yapıldıktan sonra kaplanan kumaşların iyi antibakteriyel performans gösterdikleri, fakat antibakteriyel özelliklerinde yıkama sonrasında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Saf su ile yıkamanın kaplamalarda bulunan gümüşün çoğunluğunun aşınmasına neden olarak, antibakteriyel özelliği ters yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Alev geciktirici fosfor bileşiminin gümüş aşıl原因mış sole ilavesi ile çift fonksiyonlu kaplama elde edilmiş ve fosforun saf su ile yapılan yıkama işlemlerine karşı dayanıklılığının, gümüşe göre daha iyi olduğu bulunmuştur.

**El-Tahlawy** [2008] yaptığı çalışmada insan sağlığı ve çevresel konularda artan ciddi yasal yükümlülüklerin tekstil üreticilerini de bu konuda çevre dostu güç tutuşur tekstiller üretmeye zorladığını belirtmiştir.

Bu çalışmada çitosan fosforilizasyon işlemi sırasında eklenmiş ve bir azot kaynağı gibi davranıp fosforla sinerjik bir etki oluşturduğu görülmüştür. Çitosan konsantrasyonunun % 0'dan % 2' ye yükseltilmesi pamuklu kumaşın güç tutuşurluğunu arttırdığı belirlenmiştir. Diamonyum hidrojen fosfat (DAHP) konsantrasyonunun % 0'dan % 10'a yükseltilmesiyle birlikte güç tutuşurluk bitim işleminin yıkamaya karşı

dayanıklı hale geldiği görülmüştür. Çitosan sitrat tuzu fosforilizasyon reaksiyonunu kolaylaştırdığı, çünkü amino grupların selüloz hidrosillerinden daha reaktif hale geldiği, ayrıca DAHP çözeltisiyle uyum sağlayabilen bir polimer çözeltisi oluşturduğu anlatılmıştır. Çitosan konsantrasyonunun %1-2 arasındaki değişimi nihai ürünün performans özelliklerini ve güç tutuşurluğunu geliştirdiği belirtilmiştir. Çitosan %1, DAHP %10, butantetrakarboksilik asit (BTCA) %4, sodyum hipofosfit (SHP) %6 ve sitrik asit (CA) %4 olduğunda optimum şartların sağlanmış olduğu anlatılmıştır.

**Zhu** ve ark. [2009] yaptıkları çalışmada itfaiyeci giysileri gibi özel koruma giysilerinin sadece güç tutuşurluk kumaşlarının standartlarına göre test edildiği hâlbuki bu test yöntemlerinin güç tutuşur kumaşlarda ısı transferindeki silindirik geometrik etkiyi ihmal ettiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada yangın söndürmede kullanılan güç tutuşur kumaşların test edilmesi için yeni bir deri modeli üzerinde silindirik geometrik test geliştirilmiştir. Sonuçlar, düzeysel geometrik testle kıyaslama yapıldığında, test sırasında çeken kumaşların termal koruma performanslarının düştüğünü göstermiştir. Silindirik geometrinin ısı transferi üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (25).

**Giraud** ve ark. [2009] yaptıkları çalışmada amonyum fosfat içeren mikrokapsülleri değişik proseslerle hazırlamışlardır. Mikrokapsüllerin değişik morfolojiler ve farklı içeriklere ve farklı kabuk tiplerine sahip oldukları görülmüştür. Mikrokapsül yapımında kullanılan kabuk polimerlerin karbon esaslı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, polimerik kabuğun ve fosfat içeren mikrokapsüllerin yüksek sıcaklıklarda termal stabilite sağlama kapasiteleri tartışılmıştır.

Mikrokapsüllerin değişik tiplerinde termal ve yapı özellikleri üzerinde DAHP'nin etkisinin sistem içinde sadece asit kaynağının miktarına bağlı olmayıp aynı zamanda mikrokapsül kabuğunun bileşimleriyle olan etkileşimlerine de bağlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle mikrokapsül sistemleri düşük DAHP içeriğiyle bile ilginç termal davranış sergilemişlerdir.

**Vázquez** ve ark. [2007] alev geciktirici olarak kullanılan bromlanmış organik bileşimlerin, çevreye verdiği zarar ve toksik etkisi konusunda artan bir ilginin mevcut olduğunu, bu nedenle çevreye zarar vermeyen güvenilir, kolay ve hızlı kullanılabilir yeni analitik teknikler araştırılmakta olduğunu belirtmişler ve bu amaçla alev geciktirici kaplamalarda radyofrekans gaz boşaltım ve optik emisyon spektrometresi (rf-GD-OES) tarafından brom ölçümü yapmışlardır. RF gaz boşaltım plazma spektrometresinin optik emisyon spektrometresi ile birlikte kullanılmasının sebebi bu aletin brom içeren alev geciktirici polimerik katmanların analizinde kolaylık ve hızlilik sağlaması ile açıklanmıştır. Bu çalışmanın rf-GD-OES alanında büyük bir ilerleme yarattığı, çünkü rf-GD-OES in izolatörlerin analizleri üzerinde verdiği rapor sayısı artsa da, yakın zamanda kalitatif analizlere yapılan birçok çalışmanın kısıtlandığı belirtilmiştir. Diğer taraftan izolatörlerin içindeki bromların belirlenmesi konusunda prosedürün oldukça iyi karakteristik özellik gösterdiği ve bu metodun analitikliği ve kolaylığı sebebiyle, polimerik katmanlar içindeki metalik ve ametalik eklentilerin rf-GD-OES tarafından bakılmasının artık güvence vermekte olduğu beirtilmiştir (10).

**Kandola** [2009] tüm sentetik liflerin yanıcı ve eriyerek veya damlacıklar halinde yandığını, sentetik liflerin kolay tutuşmaması için kullanılacak kimyasalların ise lif üretimi sırasında problemlere sebep olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ideal şartlarda güç tutuşur bir sentetik tekstil materyalinin 250-300 C’de erimesi, 300 C’nin üzerinde ise kömürleşmesi gerektiğini de vurgulanmıştır. Bu konuda Bolton Üniversitesi’nde yapılan, İngiltere Savunma Bakanlığı tarafından fonlanan ve 2003 yılında başlayıp 2007 yılında bitirilen bir projede, polipropilen ve poliamid 6 ile kil, güç tutuşur kimyasallar gibi katkı maddeleri kullanılarak deneme yapılmış ve güç tutuşurluk açısından iyi neticeler elde edilmiştir. Denemeler sırasında nano partikül halindeki katkıların sentetik malzeme yandığında kömür oluşumuna katkı sağladığı anlaşılmıştır

**Anonim** [2009a] 1.26 milyar euro cirolu, 660.000 ton yıllık üretimi ve 6. 043 çalışanı ile dünyanın tek entegre selülozik lif ( viskos, modal, tencel gibi) üreticisi olan ve ürünleri otomotiv sanayi ile güç tutuşur, teknik ve koruyucu giysilerin üretiminde de kullanan Lenzing firması tarafından yapılan sunumda, Lenzing FR isimli yeni geliştirilen ısıya dayanıklı lif tanıtılmıştır. İtfaiyeci giysileri, askeri ve polis üniformaları



ile metal sanayi akaryakıt endüstrisi ve elektriksel uygulamalar, Lenzing FR'ın kullanıldığı yerler olarak verilmiştir. Uzun stapel lif Lenzing FR'ın konfor, yumuşaklık, nefes alabilirlik, nem idaresi gibi özellikleri bulunmuştur. 215 g/m<sup>2</sup> lik aramid kumaş ve 210 g/m<sup>2</sup>'lik Lenzing FR karışımı kumaş ile enstitülerde yapılan testlerde, ısı transferi ve ısı ile çekme değerleri açısından Lenzing FR karışımı kumaşı daha üstün performans gösterdiği bulunmuştur. Yeni lifin cildi soğuk tuttuğu ve nefes aldığı son kullanıcılar tarafından rapor edilmiştir.

**Anonim** [2009b] Sakson Tekstil Araştırma Enstitüsü İle Ch Müler GmbH ve OLA Schutzhandschuh GmbH firmaları tarafından itfaiyecilerin emniyetli koşullarda çalışmaları için bir çalışma yapılmıştır. İtfaiyeci giysilerinin hidroklorik asit, sülfirik asit, sodyum hidroksit gibi kimyasal maddelere, aşınmaya, çekmeye, kesilmeye, aleve ısıya dayanıklı, sağlam dikilmiş, konforlu olmaları gerektiğinden hareketle Nomex, Kevlar, Basofil, Proex gibi lifler ile yapılan çalışmalarda, poliüretan üzerine akrilat bazlı bir seramik dispersiyon kullanılarak istenen nitelikler sağlanabilmiştir. Testlerde 100 g/m<sup>2</sup>'lik kumaşlarla, binalarda ısı yalıtımında kullanılan seramik ve laminasyon cihazları ile çalışılmıştır.

**Anonim** [2009c] Finlandiya'da yılda 85.000 telefonla acil durum başvurusu alındığı ve bu başvuruların % 18' inin yangın,% 25'nin kurtarma, % 15'nin acil müdahale, % 7'sinin danışmanlık ve % 35'nin kontrol ve doğruluk amaçlı olduğu belirtilmiştir. Bu istatistiklerden hareketle Finlandiya Mesleki Sağlık Enstitüsü ve Polis Teknik Merkezi işbirliği ile trafik kazaları ve orman yangınları ve diğer kurtarma operasyonları için daha fazla ergonomik fonksiyonelliğe ve nefes almaya imkan veren giysilere ihtiyaç olduğu saptanmış ve kurtarma operasyonları için ceket ve askılı pantolon şeklinde giymesi kolay ve çabuk koruyucu giysi tasarlanmıştır. İç tabakada %100 Nomex kullanılan giysinin, Finlandiya Yangından Korunma Fonu tarafından desteklenmiştir.

**Bayramoğlu** [2007] Liyosel ve liyosel/pamuk karışımı kumaşların güç tutuşurluğu ve performans karakteristiklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu çalışmanın ana amacı kumaş formundaki % 100 liyosel lifleri ile liyoselin pamuk ile çeşitli oranlarındaki

karışımlarının güç tutuşurluk karakteristiklerini (LOI) açıklığa kavuşturmak. LOI ölçüm sonuçlarından kumaş içindeki liyosel oranı arttıkça güç tutuşurluğunda artmakta olduğu görülmüştür. Bu durumun liflerin fibrilasyon karakteristikleri ile ilgisi tartışılmıştır. Bununla beraber kumaşların performans özellikleri de ölçülmüş ve kabul edilebilir en yüksek seviyede performansa ve aynı zamanda en yüksek güç tutuşurluk özelliğine sahip olan kumaşın % 50/50 liyosel/pamuk karışımı kumaş olduğu ortaya konulmuştur.

**Kılıç** ve ark. [2007] heksametildisiloksan ve heksametildisilanın plazma polimerizasyonu ile pamuk ve poliamid kumaşların yüzey modifikasyonunu ve karakterizasyonunu incelemişlerdir. Bu çalışmanın amacı heksametiledisiloksan (HMDSO) ve heksametildisilan (HMDS) plazma koşullarının, bu plazmalarla işlem görmüş pamuk ve poliamid kumaşların yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak olmuştur. Bu amaçla % 100 pamuk ve % 100 poliamid kumaşlar heksametiledisiloksan ve heksametildisilan plazmaları ile işleme tabi tutulmuştur. Yüzeylerin modifikasyonu düşük basınç (<100 Pa) ve düşük sıcaklıkta (<50 C) gerçekleştirilmiştir. Plazma işlemleri PICO RF ( radyo frekansı,13,56 MHz) düşük basınç plazma sistemi (Diener electronic GmbH + Co. KG, Almanya) ile yapılmıştır. Güç ve süre parametreleri temas açısı ve dikey güç tutuşurluk özellikleri üzerindeki etkileri istatistiksel bir yazılım olan Windows MINITAB ile değerlendirilmiştir. Pamuk ve poliamid kumaşların çözgü yönünde alev yayılma süreleri TS EN 5569 EN ISO 6941 standardına göre dikey güç tutuşurluk cihazında ölçülmüştür.

**Sever** ve ark. [2007] polimer kompozit malzemelerin yapısal uygulamalarında yaygın olarak cam, karbon, boron ve kevlar fiberlerin takviye elemanı olarak kullanılmakta olduğunu ancak bu fiberlerin biyolojik olarak bozunmaya karşı dirençli olduklarını ve çevresel problem yaratabildiklerini vurgulamışlardır. Jüt, banbu, hindistan cevizi, sisal ve ananas gibi bitkilerden elde edilen doğal fiberlerin diğer fiberlerle karşılaştırıldığında tekrar yenilenebilir ve biyolojik bozunabilir olmasının avantaj sağladığından bahsedilmiştir. Tüm doğal fiberlerin hidrofilye yapıya sahip olduklarından dolayı, hidrofob bir matris malzeme ile doğal fiber arasında çok zayıf ara yüzey bağı oluşması sebebiyle fiber-matris ara yüzey bağı arttırmak için doğal fiber

yüzeyine yüzey modifikasyonu uygulanmıştır. Yüzey modifikasyonu için uygulanan plazma yüzey işleminin polar ve uyarılmış grupların ve hatta fiber-matris arasında güçlü kovalent bağlar oluşturabilen yeni bir polimer tabakanın oluşturulması ile fiber-matris yapışmasını büyük ölçüde arttırdığı görülmüştür. Ayrıca fiberin mekanik özelliklerinin de plazma işlemiyle arttırıldığı belirlenmiştir.

**Hegeman** [2007] hidrokarbonların reaktif gazlarla karışımlarının plazma polimerizasyonunu, ulaşılabilir fonksiyonel gruplara sahip nano gözenekli, ağ oluşturacak şekilde çapraz bağlanmış bir ürün veren, yüzeyde birikme ve yüzey aşındırma işlemlerinin bir arada gerçekleştiği bir sistemde kullanmıştır. Plazma ortamında gümüşün enerji yükü ile enerjistik saçılması sonucu Ag parçacıklar, oluşmakta olan plazma polimerinin yapısı içerisinde kaplama yüzeyinde iyi belirlenmiş boyut ve dağılımında yerini almıştır. Bunun sonucu olarak antimikrobiyel bir etki elde edilmiştir. Çok fonksiyonlu tekstiller, ıslanabilirlik, fonksiyonel grup yoğunluğu ve antibakteriyellik gibi özelliklerin hepsi bir arada olabilecek şekilde ayarlanmasıyla elde edilmiştir.

**Shen** ve ark. [2007] ipek ve pamuk kumaşlara plazma yüzey işlemi uygulamışlardır. İpek ve pamuk kumaşların plazma yüzey işlemi farklı deneysel koşullar altında hekzafloropropan ( $C_3F_6$ ) atmosferi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Denenen kumaşların analizi XPS denilen X-ışınları foto elektron spektroskopisi tarafından, her iki kumaş yapısının yüzeyinde flor atomlarının yaklaşık olarak %50sinin birleştirildiği belirtilmiş ve yine yüzey üzerinde  $-CF$ ,  $-CF_2$ ,  $-CF_3$  gruplarının varlığı onaylanmıştır. Su ile yıkama ve alkol ile ekstraksiyondan sonra, yüzey üzerinde bir miktar flor kaybı gözlenmesine rağmen, temas açısı ve ıslanma süresi ölçüm aletleri, kumaş üzerinde hala gelişmiş hidrofob özelliklerinin olduğunu göstermiştir. Denenen kumaşların su buharı kalıcılığı ve çekme direnci gibi diğer özellikleri de aynı zamanda değerlendirilmiştir.

$C_3F_6$  plazma işleminin ipek ve pamuğun hidrofob özelliğini fark edilebilir bir biçimde yükselttiği görülmüştür. Her iki kumaş için de, sadece 1 dakikalık plazma işleminden sonra, ıslanma süreleri 60 dakika kadar yüksek bir süreye ulaşırken, temas açıları 120 ve daha yukarı derecelere ulaşılmıştır. Modifiye edilmiş yüzeyler XPS

ölçümü tarafından karakterize edilmiştir ve yüzey üzerinde %50 ve daha fazla flor bileşimi olduğu belirtilmiştir. Yıkama ve alkol ekstraksiyonu kumaşların yüzeyleri üzerinden bazı flor gruplarını ortadan kaldırmış ve üstelik temas açılarının ve ıslanma sürelerinin düşmesine sebep olmuştur. Çekme direnci, plazma işleminden sonra artmıştır. İşlem görmüş kumaşların önceden olduğu gibi hala yüksek su buharı kalıcılığına sahip olduğu görülmüştür.

**Verschuren** ve ark. [2007] bu çalışmada plazma teknolojisinin tekstil endüstrisi içindeki ticari uygulamasında plazma-tekstil etkileşimlerini hem etkileyen hem de engelleyen tekstil ürünlerinin spesifik özelliklerini incelemişlerdir. Bunların büyük özel bir yüzey, üç boyutlu gözenekli yapı, lif yüzeyinde ve lif yapısında var olan yabancı maddeler olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tekstiller için plazmanın ihtiyaçları yani tekstillerin plazma davranışına genel yaklaşımı konusunda bilgi verilmiştir. Tekstil ürünlerinin plazma etkileşimi sırasında gözlenmesi ve tekstil yapılarının plazmaya bağlı değişimlerinin karakterize edilmesi, endüstriyel tekstillerde yüzeysel veya kimyasal model olarak kullanılabilecek katmanların geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

**Öktem** ve ark. [2000] poliester ve poliamid kumaşların plazma modifikasyonu ile hidrofobik yapılarını değiştirerek, kumaşların biraz daha hidrofil hale getirilmesi, su ile kumaşların daha iyi ıslanması, daha iyi boyanması ve kirlenme davranışlarındaki gelişmeyi incelemişlerdir. Yüksek saflıktaki argon gazı ve yüksek saflıktaki oksijen gazı kullanılmıştır. Kumaşlar doğrudan akrilik asit, su, hava argon ya da oksijen plazması içerisinde muamele edilmiştir. Tüm uygun plazma polimerizasyon tiplerinin kumaşların yüzeylerinin ıslanabilirliğinde belirgin bir artışa neden olduğu görülmüştür. Kumaşların bağıl renk kuvveti yüzey ıslanabilirliğindeki artışa paralel olarak, tüm durumlarda plazma muamelesi ile şiddetli bir şekilde artmıştır. Kir direncindeki belirgin artış incelenmiştir. Tüm uygun plazma polimerizasyon tiplerinin ıslanabilirliği dolayısıyla, kumaşların boyanabilirlik ve kir iticiliklerinin arttırdığı gözlenmiştir.

**Rosace** ve ark. [2007] düşük sıcaklıktaki plazma işlemini elastan/naylon karışımı örülmüş kumaşın yüzey işleminde kullanılmışlardır. Örülmüş kumaş, üç tane polimerize edilmemiş gaz kullanılarak (oksijen, hava, karbondioksit) LTP (Low Temperature

Plazma) yoluyla işlenmiştir. Plazma işleminden sonra, örneklerin ıslanabilirliği test edilmiştir. Bunların emicilik özelliğindeki kapılar artışa bakılmıştır. Plazma değişkenlerinin (deşarj edilmiş güç, zaman, basınç) etkisi araştırılmıştır. Elastan (PU) ve naylon (PA) ipliklerinin kimyasal özellikleri farklı olmasına rağmen, bu çalışma plazma işleminin aynı zamanda örülmüş kumaş bileşenlerinin yüzey ıslatma davranışlarını değiştirdiğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada bu işlemlerin istenen uygulamaya bağlı olarak, istenilen seviyede hidrofilite sağlanmasına yardımcı olacağı gösterilmiştir.

Düşük basınçtaki oksijen gaz plazmasının havadan ya da karbondioksit gaz plazmasından daha güçlü ıslanabilirlik etkisinin olduğu görülmüştür. Oksijen plazma işleminden sonra, ıslanabilirlikteki gelişmenin, karbonil, karboksilik, hidroksil ve peroksit grupları gibi, yüzeyde oluşan yeni polar grupların oluşumuna bağlı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca plazma işleminin yaş kimyasal işlem içermediği için çevreye zarar vermeyen, kuru bir işlem olduğu, dolayısıyla bu tekniğin tekstil endüstrisinin gelişimine fayda sağlayacağı vurgulanmıştır.

**Ghoranneviss** ve ark. [2007] DC (doğru akım) tarafından üretilmiş manyetik titreşim cihazı ile boşalma ortamı olarak oksijen ve argon gazlarının soğuk plazma yöntemiyle kot kumaşlarının ağarması üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar eşit zaman aralıklarında karşılaştırılmış ve ele alınan kot kumaşlarında yıkama etkisi açıklanmıştır.

Bu çalışmada DC magnetik titreşim devresinde kullanılan O<sub>2</sub> ve Ar gibi iki farklı gazın kot kumaşını ağartma üzerindeki sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar minimum 15 dakika işlem süresinde argon gazının oksijen gazına göre ağartma veriminin daha iyi olduğunu göstermiştir. Fakat kotun yıkanmasından sonra plazma işlemi boyunca ortaya çıkan okside olmuş boyarmaddelerin uzaklaşması nedeniyle O<sub>2</sub> ile muamele görmüş numunelerin daha iyi olduğu görülmüştür.

**Kahn** [2008] yaptığı tez çalışmasında Alfa-x adlı yanmayı geciktirici kimyasalla borlu bileşiklerden borik asit (%5, % 7.5 ve % 10), boraks (%5, % 7.5 ve % 10) ve

çinko borat (%5, %7.5 ve % 10) ile çözelti hazırlayarak, hazırlanan çözeltiyi % 100 pamuklu kumaşa emdirerek kumaşa apre uygulamıştır.

Yapılan yakma testleri sonucunda; apre uygulanmayan ham kumaşın tamamen yandığı, apre uygulanan kumaş numunelerinde ise son derece etkili bir güç tutuşurluk sağlandığı gözlemlenmiştir. İstatistikî değerlemeler; araştırmada kullanılan borlu bileşiklerin (borik asit, boraks ve çinko borat) pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliğini arttırdığını bu kimyasallar içinde ise en etkin sonucun boraksla temin edildiğini göstermiştir. Boraks ile yapılan çalışmalarda ise en etkin sonuç % 7.5. luk boraks çözeltisi ile elde edilmiştir. Yapılan yakma testinde ham kumaş numunelerine 10 sn süreyle uygulanan bek alevinin çekilmesiyle yanma devam etmiş ve kumaşların tüm yüzey alanı (95200 mm<sup>2</sup>) yanmıştır. Aynı koşullarda % 7.5. luk boraks ile muamele edilen kumaşlara yapılan yakma testinde ise bek alevinin geri çekilmesiyle, kumaşa uygulanan güç tutuşurluk apresi etkisini göstermiş ve yanma olayı gerçekleşmemiştir. Yanma alanı ise sadece 317. 62 mm<sup>2</sup> olmuştur.

**Günsal** [2007] tekstilde geniş kullanım alanına sahip akrilik yün elyaf karışımı malzemeler kullanmıştır. Akrilik, yün elyafa ve viskon kumaşa alev geciktirici kimyasal ve viskon kumaşa plazma polimerizasyonu uygulanmıştır. Bu amaçla akrilik ve yüne organofosfor yapısında kimyasal, viskon kumaşa borik asit, organofosfor yapısında kimyasal ve plazma polimerizasyonunda monomer olarak trimetilborat, yüzey aktifleştirme için argon ve oksijen gazları kullanılmıştır. Çalışmada plazma polimerizasyon yöntemi, kimyasal uygulamada absorpsiyon (çektirme) ve emdirme kurutma (pad dry) yöntemi kullanılmıştır.

LOI testi sonuçlarından, viskon kumaş için borik asitin ve emdirme kurutma yönteminin, akrilik yün karışımı için organofosforun ve absorpsiyon (çektirme) yönteminin çok iyi bir alev geciktirici etki gösterdiği görülmüştür. Akrilik yün karışımına % 20 organofosfor içerikli kimyasalın absorpsiyon (çektirme) yöntemi ile uygulanması numunelerin % LOI değerini 18,7'den 19,75'e arttırmıştır. Viskon kumaşa borik asit emdirme kurutma yöntemi ile uygulandığında numunenin %LOI değeri 18,8'den 55 'in de üzerine çıkmıştır. Borik asit ve emdirme kurutma yönteminin beraber

kullanılması LOI değerini arttırmıştır. Haslık testi sonucunda numunelerinin kullanım esnasında herhangi bir sorun çıkarmayacak lude olduğu belirlenmiştir. Temas açısı testinde ise oksijen ile plazma aktifleştirmenin en hidrofilik yapı oluşturduğu belirlenmiştir. Kaplanan yzelerin incelendiği SEM mikrograflarından, oksijen plazmanın yüzeyi aktifleştirdiği kaplamanın başarılı olduğu görülmüştür.

**Yavuz** [2007] yaptığı yüksek lisans çalışmasında polietilen ve polipropilen gibi poliolefinlerin, aleve karşı dayanıksız olup düşük termal ve mekanik özelliklere sahip olduğunu belirtmiş, poliolefinleri, yığın özelliklerini değiştirerek ya da yüzeyine mikrometre veya nanometre boyutunda kaplama yaparak aleve karşı dayanıklı hale getirmenin mümkün olabileceğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, polietilen (PE), ift yönlü gerdirilmiş polipropilen (BOPP) filmlerin ve pamuklu kumaşların yzeleri plazma ile trimetil borat, trimetil boroksin, tri-t-btil borat, trimetilen borat kullanılarak modifiye edilmiştir.

Belirlenen en uygun plazma koşullarında (30W ve 30 dak) BOPP filmlerin %LOI değerinin 17,9'dan 24,0 değerine artığı tespit edilmiştir. Farklı koşullardaki plazma modifikasyonun farklı türde yüzey kaplamasına neden olduğu görülmüştür. Temas açısı ölçümüyle BOPP filmlerin modifikasyon sonucunda hidrofilik karakter kazandığı belirlenmiştir. 80W güçte işlem gören filmlerin çekme dayanımı 57 MPa'dan 155 MPa değerine artarken çekme uzamasında önemli bir değişim görülmemiştir. Plazma gücü düştükçe mekanik özelliklerde zamana bağlı olarak net bir değişim gözlenmemiştir. Sonuçlar, BOPP filmlerin aleve dayanıklı hale getirilmesinde trimetil borat plazmasının alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Ev tekstiline yönelik olarak kullanılan kumaşların güç tutuşurluk özelliğinin incelenebilmesi amacıyla ev tekstilinde sıkça kullanılan % 100 poliester ipliklerinden üretilmiş perdelik kumaş kullanılmıştır.

Bu çalışmada ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden üretilmiş kumaşlar kullanılmıştır. İplik boyama Dispers boyarmaddelerle 130 C'de yapılmıştır. Kumaşlar dokuma makinelerinde dokunmuş ve üzerilerine herhangi bir apre işlemi uygulanmamıştır. Bunun dışında LOI (Limited Oxygen Index) (Sınır Oksijen İndeks) testlerinde, SEM (Scanning Electron Microscope) (Taramalı Elektron Mikroskop) görüntülerinde ve FT-IR (Fourier Transformed Infrared) analizlerinde deneyde kullanılan kumaşların yanma davranışlarında ve yüzey karakterizasyonunda karşılaştırma yapmak amacıyla güç tutuşur poliester ipliklerinden dokunmuş, boyama ve apre işlemi uygulanmamış kumaş kullanılmıştır. Kullanılan güç tutuşur iplikler fosfor bazlıdır. Aşağıda Çizelge 2.1'de deneylerde kullanılan kumaşın kumaş özellikleri gösterilmiştir.



**Çizelge 2.1.** Deneysel çalışmada kullanılan kumaşın özellikleri

<b>Kumaş özellikleri</b>		<b>İpliği Boyalı Polyester İpliklerden Üretilmiş Kumaş</b>
<b>Kumaş gramajı</b>		230 gr/m <sup>2</sup>
<b>Çözümlü ipliği</b>	<b>Sıklık</b>	80 çözgü/cm
	<b>İnceliği</b>	75 denye-36 filaman
	<b>Büküm miktarı</b>	572 Z Tex
	<b>İplik kesiti</b>	Düz kesitli
	<b>Rengi</b>	Yarı mat
<b>Atkı ipliği</b>	<b>Sıklık</b>	72 atkı/cm
	<b>İnceliği</b>	150 denye-288 filaman
	<b>Büküm miktarı</b>	183 Tex
	<b>İplik kesiti</b>	Düz kesitli/ Mikroliflerden oluşmuş
	<b>Rengi</b>	Yarı mat

## 2.2. Yöntem

Teknik olarak plazma polimerizasyonu yöntemi, kimyasal uygulamada ise emdirme kurutma (pad dry) yöntemi kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin karakterizasyonu aşamasında, uygulanan yöntemlerin kumaş yüzeyleri üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM), yanma özelliklerinin belirlenmesi için ise sınır oksijen indeksi (LOI) ve yüzey karakterizasyonunu incelemek amacıyla infrared spektroskopisi (FT-IR) kullanılmıştır. Uygulanan kimyasalların yıkamaya karşı dayanımları da test edilmiştir.

Plazma uygulaması ile poliester kumaşların hidrofilleştirme işlemi Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Diener vakum plazma cihazı ile yapılmıştır. Yapılan wicking hidrofilité testi sonucu plazma işlemi görememiş kumaşın 300 s sonra ulaştığı sınır 11.3 cm iken, 1 dakika plazma sonucu 13.1 cm, 5 dakika plazma sonucu 14.2 cm, 10 dakika sonucu 16.5 cm olmuştur. Vakum plazma cihazında yapılan ön denemelerde poliester kumaşta en fazla hidrofilleştirmenin elde edilebilmesine yönelik olarak çok sayıda deneme yapılmış ve sonuçta düşük frekansta LF' te (Low Frekans), 100 Khz 'de, 2 mbar basınçta ve 10 dakika süre ile plazma uygulamasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

Aşağıda deneylerde kullanılan vakum plazma cihazının görüntüsü (Şekil) yer almaktadır.



**Şekil 2.1.** Diener vakum plazma cihazının görüntüsü

Emdirme yöntemine göre uygulanan güç tutuşurluk işleminde Rudolf Duraner firmasından alınan alkil fosfonat yapılı Ruco-Flam PSY kullanılmıştır. Bu maddeye alternatif olarak doğal malzemelerden üretilmiş ve yanmaya karşı dirençli olan patentli ürün Firetex kullanılmıştır. Bu ürünle de emdirme yöntemine göre çalışılmıştır.

Ruco-Flam PSY poliester ve poliamid liflerinden yapılan tercihen dekorasyon mamullerinin ve döşemelik kumaşların yumuşak tutumlu kalıcı güç tutuşurluk işleminde kullanılan alkil fosfonat yapıda bir apre maddesidir. [<http://www.rudolf-duraner.com.tr>]

Firetex ise tamamen doğal bir ürün olduğu, içinde herhangi bir kimyasal veya endüstriyel katkı maddesi bulunmadığı belirtilmiştir. Doğada bulunan kireç taşı özelliğini taşıyan kayaçların suya dönüşmesinden meydana gelmiştir.

Firetex'in başta ahşap ürünler sunta, MDF ((Medium Density Fiberboard) yapay olarak sonradan mühendislik çalışmasıyla üretilmiş bir kompozit ahşap malzeme)), kontrplak vb. ürünlere yüksek seviyelerde yanmaya karşı direnç kazandırdığı, bunun dışında, tekstil alanında özellikle yünlü ve pamuklu ürünlerde yine yüksek oranlarda yanmaya karşı direnç sağladığı belirtilmiştir. Yünlü halı, battaniye, perde vb. kullanım alanlarında, ya üretim esnasında katılarak ya da daha sonra bu ürünlere enjekte edilerek yanmaya karşı mukavemetli hale dönüştürmüştür. Yapılan ISO ve ASTM-D standartlarına göre yangına dayanıklılığı çok üst seviyelerde olduğu görülmüştür. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi laboratuvarında ASTM-E-160-50 ve 69-02 esaslarına göre yapılan yanma deneyleri sonucu, Firetex'in ahşap paletlerin yanmasında etkin bir koruma sağladığı belirtilmiştir. Yine Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi laboratuvarında ASTM D-76, D3218 standartları esas alınarak yapılmış olan yanma deneyleri sonucu, Firetex'in kağıt ve ağaçlarda olduğu gibi pamukta da etkin bir koruma sağladığı görülmüştür. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim dalında yapılan toksisite testi sonucu, Firetex'in hayvan, insan ve çevre açısından zararlı olmadığı tespit edilmiştir [Türk Patent Enstitüsü, Marka Tescil Belgesi, 2003]

Ruco-Flam PSY ile, kullanım reçetesinde tavsiye edilen maksimum (100 g/L) ve minimum oranların (60 g/L) haricinde belirlenen bir başka oranda (50 g/L) çalışılmıştır ve Ruco-Flam PSY'nin kumaş üzerindeki güç tutuşurluk etkisi gözlenmiştir. Kimyasallar pH 5-6' da 300 ml suya tamamlanıp, fulard banyosunda kumaşa emdirildikten sonra 130 C'de kurutma, 185 C'de 1-2 dakika termofikse yapılmış ve fikse işleminden sonra Ruco-Flam PSY'nin fikse olmayan bileşenlerinin kumaş üzerinden uzaklaştırılması için soğuk su ile yıkama yapılmıştır.

Firetex ile yapılan ön deneme çalışmalarında su ile seyreltme halinde kumaşa kazandırılan güç tutuşurluk özelliğinde azalma meydana geldiği için, kumaş numunelerine Firetex ile işlem uygulanırken herhangi bir seyreltme yapılmamıştır. 300

ml Firetex emdirme metoduyla kumaşlara uygulanmıştır. 150 C' de 5 dakika kurutma yapılmıştır.

Kullanılan tüm poliester kumaş numuneleri ev tipi çamaşır makinesinde 40 C'de ev deterjanı ile 60 dakika süre ile 5 kez yıkanmıştır. LOI (Limited Oxygen Index) Sınır Oksijen İndeks testinde hassas bir ölçüm yapabilmek için her kumaş numuneden en az 20 adet gerektiği için, aşağıdaki Çizelge 2.2'de görülen tüm işlemler 20 kez tekrarlanmıştır.

**Çizelge 2.2.** Plazma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kumaşlara güç tutuşurluk apre işlemi ile aktarılan kimyasallar ve miktarları

Uyg. çeşitliliği Kim. ve miktarları	<i>Plazma İşlemi Uygulanmamış Normal Poliester Kumaş</i>		<i>Plazma İşlemi Uygulanmış Normal Poliester Kumaş</i>	
	<i>100 g/L Ruco-Flam PSY</i>	100 g/L Ruco-Flam PSY	100 g/L Ruco-Flam PSY + Yıkama	100 g/L Ruco-Flam PSY
<i>60 g/L Ruco-Flam PSY</i>	60 g/L Ruco-Flam PSY	60 g/L Ruco-Flam PSY + Yıkama	60 g/L Ruco-Flam PSY	60 g/L Ruco-Flam PSY + Yıkama
<i>50 g/L Ruco-Flam PSY</i>	50 g/L Ruco-Flam PSY	50 g/L Ruco-Flam PSY + Yıkama	50 g/L Ruco-Flam PSY	50 g/L Ruco-Flam PSY + Yıkama
<i>Firetex</i>	300 ml Firetex	300 ml Firetex + Yıkama	300 ml Firetex	300 ml Firetex + Yıkama

Çizelge 2.2' de görülen 16 kumaş numunesine ek olarak, deneyde uygulanan tüm test ve analizlerde karşılaştırma yapabilmek amacıyla, plazma ve apre işlemi

uygulanmamış ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş kumaş ve bunun yanında güç tutuşur ipliklerden dokunmuş, plazma ve apre işlemi uygulanmamış kumaşlar da tüm ve analizlerde kullanılmıştır. Ayrıca SEM mikrograflarında, plazma polimerizasyonunda hidrofilleştirme işlemi süresinin kumaşlar üzerindeki etkisini görebilmek için 1 dakika, 5 dakika ve 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile plazma işlemi uygulanmış kumaşlar da bu deneysel çalışmada kullanılmıştır. Toplamda 21 adet farklı işlem uygulanmış poliester ipliklerinden dokunmuş kumaş ile çalışılmıştır.

## **2.2.1. Poliester kumaşlara uygulanan testler**

### **2.2.1.1. LOI testi**

LOI testi (Limited Oxygen Index ) (Sınır Oksijen İndeks) Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında, Amerikan ulusal ASTM D 2863-77 standardına göre yapılmıştır.

Aslında yapay maddelerin güç tutuşurluk özelliklerinin tespiti için geliştirilen bu test yöntemi tekstil mamullerinin güç tutuşurluk özelliklerinin tespitinde de kullanılmaktadır.

LOI (Limited Oxygen Index) değerinin anlamı; o mamul için yanmayı devam ettirmede gerekli olan en az oksijen miktarının belirlenmesidir. Yüksek LOI değeri atmosfer ortamında o malzemenin daha zor yanma karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir. LOI değeri 25'ten büyük olan materyal havada genelde kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olan ise çok kolay yanmaktadır.

Bu test yönteminde oksijen/azot karışımı belli bir akım hızı ile test yanma odacığına (pyrex cam silindir) gönderilmektedir. Deney örneği test odacığında dikey konumda üstten tutuşturulmaktadır. Tutuşturmanın üstten yapılması sentetiklerde damlamayı da önlemek amaçlıdır. Şekil 2.2'de LOI test cihazının şekli görülmektedir.



**Şekil 2.2.** Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki LOI test cihazı görüntüsü

6 x 14 cm boyutlarında kesilmiş deney kumaşı dikey olarak cam silindir içerisine konur. Oksijen yüzdesi en düşükten başlanarak kumaşın yanması için gerekli olan en az oksijen miktarına kadar deney sürdürülür. Yaklaşık olarak bir oksijen değeri bulunduğu anda, kumaş numunesinin yanmadığı oksijen değerinden emin olabilmek için o oksijen değerinde ve bir üst değerde en az 3 kez yakma işlemi tekrarlanır. Bu deney çalışmasında ev tekstiline yönelik olarak perdelik kumaş seçildiği için yapılan test, perdelik kumaşın dikey konumda kullanılması sebebiyle, yapılan işlem ile uyumluluk göstermektedir.

Kumaş numunesi eğer havada yanıyorsa ayarlanacak oksijen değeri 18, ayarlanacak azot değeri ise 74 ve oksijen değerinde çıkılabilecek maksimum miktar 42 olmalıdır. Kumaş numunesi eğer havada yanmıyorsa ayarlanacak oksijen değeri 25, ayarlanacak azot değeri ise 68 ve oksijen değerinde çıkılabilecek maksimum miktar 49 olmalıdır.

Kumaşın yanması için gerekli olan en az oksijen miktarından emin olduğu zaman, standarda ait olan tablolar yardımıyla LOI değeri hesaplaması yapılır. Öncelikle

kumaşın havada yanıp yanmamasına göre ayarlanan azot değerlerinin karşılıkları orantı yoluyla tablodan hesaplanır. Aynı şekilde gerekli olan oksijen değerinin de karşılığı tablodan hesaplanır. Son olarak kullanılan oksijen değeri yüzdesi bulunur.

LOI değeri yaklaşık tahminlenemeyen örnekler de çok fazla deney yapılması gerekmektedir. Ölçümlerin doğru bir sonuç verebilmesi amacıyla, her bir parametre için en az 20 adet kumaş numunesi hazırlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca her seferinde cam silindirin oluşan dumandan dolayı kirlenmesi, temizlenmesi ve yeniden ayar yapılması uğraştırıcı olmaktadır. Ancak LOI değerleri yakın örnekler arasında bir karşılaştırma yapabilmek açısından son derece uygundur. Tekrarlanabilirliğinin yüksek olması, bilimsel araştırmalardaki kullanımda tercih nedenidir.

#### **2.2.1.2. SEM görüntüleri**

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) (Scanning Electron Microscope), çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır. Manfred von Ardenne öncülüğünde 1930'lı yıllarda geliştirilmiştir. [[http://tr.wikipedia.org/wiki/Taramal%C4%B1\\_elektron\\_mikroskobu](http://tr.wikipedia.org/wiki/Taramal%C4%B1_elektron_mikroskobu)]

Bu test Uludağ Üniversitesi Fen edebiyat Fakültesi Fizik Bölüm Laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan 21 adet kumaş numunesinin farklı bölgelerinden SEM görüntüleri alınmıştır. Numunelerden çok küçük parçacıklar kesilip, iletkenliğin yüksek, görüntülerin kaliteli olması amaçlanarak, yüksek vakum altında altın-paladyum kaplama yapılmıştır. X2000 büyütme ve X4000 büyütmede görüntüler alınmıştır. Tüm örnekler üzerinde her iki yüzeyi de yapışkan karbon bant bulunan alüminyum disklerle uygun şekilde yerleştirilmiş ve BAL – TEC SCD 005 kaplama cihazı yardımıyla Altın – Palladium ile 40 – 50 nm kalınlığında kaplanmıştır. Kaplanmış olan örnekler, Uludağ Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakültesi Mikroskopi Laboratuvarı'nda bulunan CARL ZEISS / EVO 40 elektron mikroskobu ile 10 kV'da incelenmiş ve mikrografları çekilmiştir.

### 2.2.1.3. FT-IR analizleri

FT-IR spektroskopisi bir molekül tarafından absorplanan infrared radyasyonun titreşim enerjisine dönüşmesi prensibine dayanan bir yöntemdir. FT-IR spektrometresi katı, sıvı, organik ve inorganik bileşiklerin nitel analizlerini gerçekleştirmek ve yapılarındaki fonksiyonel grupları tayin etmek amacıyla kullanılmaktadır.

IR bölgesi elektro manyetik spektrumun görünür bölge ile mikrodalga bölgesi arasında yer alır. Bu bölgede yaklaşık olarak  $13000\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısından başlayarak  $33\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısına kadar uzanır. IR bölgesi üçe ayrılır. Uygulamaların büyük çoğunluğu temel bölge olan  $4000$  ile  $667\text{ cm}^{-1}$  arasındaki bölgede sınırlanmıştır. Görünür ışığın dalga boyundan daha büyük olan dalga boyları yakın IR bölgesini  $12500$  ile  $3300\text{ cm}^{-1}$  oluşturur. Uzak IR bölgesi ise  $675\text{ cm}^{-1}$  ile  $250\text{ cm}^{-1}$  arasındadır. Bunun ötesi ise mikrodalga bölgesidir.

Optik izomerler dışında hiçbir bileşiğin IR spektrumu birbirinin eşdeğeri değildir. Önceden yayımlanmış IR spektrum atlaslarına bakarak FT-IR analizlerini yorumlamak mümkündür. Ancak bu hem çok zaman alır, hem de bilgilerin sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle FT-IR cihazlarının belleğinde önceki çalışmalarla oluşturulan verilerden yararlanır.

Bu çalışmada güç tutuşur ipliklerden üretilmiş ve normal poliester ipliklerden üretilmiş her çeşit parametre uygulanmış olan 21 adet kumaş numunesinin FT-IR ATR analizleri incelenmiştir. Bu analiz Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarında Thermo Nicolet 6700 markalı FT-IR ATR cihazında  $525-4000\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında yapılmıştır.



### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

#### 3.1. LOI Testi Sonuçları

Kumaş numunelerinden Örnek 3, Örnek 4 ve Örnek 5 numunelerine herhangi bir güç tutuşurluk işlem yapılmadığı için, bu üç örnek dışında kalan ( Örnek 1, Örnek 2 ve Örnek 21' e kadar olan ) tüm numunelerin sınırlayıcı oksijen indeksleri hesaplanmıştır. Çizelge 3.1'de % LOI değerleri gösterilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Kumaş numunelerinin LOI test sonuçları

Numune grupları	LOI %	Numune grupları	LOI %	Numune grupları	LOI %
Örnek 1	36,3	Örnek 10	21,3	Örnek 16	24,9
Örnek 2	19,7	Örnek 11	19,7	Örnek 17	23,5
Örnek 6	32,5	Örnek 12	36,0	Örnek 18	23,5
Örnek 7	31,8	Örnek 13	34,3	Örnek 19	19,7
Örnek 8	31,1	Örnek 14	33,7	Örnek 20	24,2
Örnek 9	22,1	Örnek 15	25,6	Örnek 21	20,5

Örnek 1 güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş numunesidir. LOI değeri % 36,3 bulunmuştur.

Örnek 2 ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesidir. LOI değeri % 19,7 olarak bulunmuştur.

Örnek 6 ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 32,5 olarak bulunmuştur.

Örnek 7 ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 31,8 olarak bulunmuştur.

Örnek 8 ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 31,1 olarak bulunmuştur.

Örnek 9, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 22,1 olarak bulunmuştur.

Örnek 10 ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 21,3 olarak bulunmuştur.

Örnek 11, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 19,7 olarak bulunmuştur.

Örnek 12, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 36,0 olarak bulunmuştur.

Örnek 13, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY

kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 34,3 olarak bulunmuştur.

Örnek 14, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 33,7 olarak bulunmuştur.

Örnek 15, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 25,6 olarak bulunmuştur.

Örnek 16, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 24,9 olarak bulunmuştur.

Örnek 17, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 23,5 olarak bulunmuştur.

Örnek 18, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex ile işlem görmüş kumaş numunesidir. LOI değeri % 23,5 olarak bulunmuştur.

Örnek 19, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 19,7 olarak bulunmuştur.

Örnek 20, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex ile işlem görmüş kumaş numunesidir. LOI değeri % 24,2 olarak bulunmuştur.

Örnek 21, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, Firetex ile işlem görmüş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesidir. LOI değeri % 20,5 olarak bulunmuştur.

Plazma polimerizasyonu ile kumaşlara kazandırılan hidrofilliğin güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi Çizelge 3.2'de ve Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Plazma polimerizasyonu uygulanmış ve uygulanmamış kumaşlarda yıkama işleminin güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi Çizelge 3.4'de ve Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Yıkama işlemi yapılmamış olan poliester kumaşların plazma işlemi varlığında ve yokluğunda elde edilen % LOI değerleri

<i>Yıkama İşlemi Uygulanmamış Poliester Kumaşların % LOI değerleri</i>		
<i>Uyg. çeşitliliği</i>	<i>Plazma İşlemi Uygulanmamış Normal Poliester Kumaşın LOI değeri</i>	<i>Plazma İşlemi Uygulanmış Normal Poliester Kumaş LOI değeri</i>
<i>Kim. ve miktarları</i>	<i>LOI değeri</i>	<i>LOI değeri</i>
	<i>%</i>	<i>%</i>
<i>100 g/L</i> <i>Ruco-Flam PSY</i>	<b>32,5</b>	<b>36,0</b>
<i>60 g/L</i> <i>Ruco-Flam PSY</i>	<b>31,8</b>	<b>34,3</b>
<i>50 g/L</i> <i>Ruco-Flam PSY</i>	<b>31,1</b>	<b>33,7</b>
<i>Firetex</i>	<b>23,5</b>	<b>24,2</b>

Çizelge 3.2'ye göre plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın %LOI değeri 32, 5 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 36.0' a çıkmıştır.

Yine, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın %LOI değeri 31,8 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 34,3'e çıkmıştır.

Aynı şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın %LOI değeri 31,1 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 33,7'ye çıkmıştır.

Benzer şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış ve Firetex maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın %LOI değeri 23,5 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 24,2'ye çıkmıştır.

Yukarıda verilen Çizelge 3.2'ye göre yıkama işlemi uygulanmamış ve plazma polimerizasyonunda oksijen gazı ile hidrofilleştirme işlemi yapılmış tüm poliester kumaşların % LOI değerlerinin arttığı görülmüştür. Bütün değerlerin hiçbir işlem uygulanmamış kumaşın LOI değerinden (%19,7) çok daha yüksek çıktığı görülmüştür. En yüksek % LOI değeri 36,0 ile, plazma polimerizasyonunda hidrofilleştirme işlemi uygulanıp, 100 g/L RucoFlam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış olan poliester kumaşa aittir. Kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı madde miktarı arttıkça, kazandırılan güç tutuşurluk özelliği de artmaktadır. Plazma polimerizasyonunda oksijen gazı ile belirlenen parametrelerde iyi bir hidrofilleştirme işlemi yapılmış olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirmenin poliester kumaşların güç tutuşurluk özelliğine olumlu yönde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla görülen bu artışlardan, plazma polimerizasyonu ile güç

tutuşurluk sağlayıcı kimyasalın madde miktarında azalma yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 3.3.** Yıkama işlemleri yapılmış olan poliester kumaşların plazma işlemleri varlığında ve yokluğunda elde edilen % LOI değerleri

		<i>Yıkama İşlemleri Uygulanmış Poliester Kumaşların % LOI değerleri</i>	
<i>Uyg. çeşitliliği</i>	<i>Kim. ve miktarları</i>	<i>Plazma İşlemleri Uygulanmamış Normal Poliester Kumaşın LOI değerleri</i>	<i>Plazma İşlemleri Uygulanmış Normal Poliester Kumaşın LOI değerleri</i>
		<i>%</i>	<i>%</i>
<i>100 g/L</i>	<i>Ruco-Flam PSY</i>	<i>22,1</i>	<i>25,6</i>
<i>60 g/L</i>	<i>Ruco-Flam PSY</i>	<i>21,3</i>	<i>24,9</i>
<i>50 g/L</i>	<i>Ruco-Flam PSY</i>	<i>19,7</i>	<i>23,5</i>
	<i>Firetex</i>	<i>19,7</i>	<i>20,5</i>

Çizelge 3.3'e göre plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemleri yapılmış poliester kumaşın % LOI değerleri 22,1 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre ve yıkama işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değerleri 25,6'ya çıkmıştır.

Yine, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemleri yapılmış poliester kumaşın %LOI değerleri 21,3 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre ve yıkama işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değerleri 24,9'a çıkmıştır.

Aynı şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmış poliester kumaşın % LOI değeri 19,7 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre ve yıkama işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 23,5'e çıkmıştır.

Benzer şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, Firetex maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmış poliester kumaşın %LOI değeri 19,7 iken, plazma polimerizasyonu yapıp aynı apre ve yıkama işlemleri uygulanan kumaşın % LOI değeri 20,5'e çıkmıştır.

Burada poliester kumaşlara aynı apre işlemlerinden sonra yıkama uygulansa bile, plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme yapılmış ve yıkama işlemi uygulanmış tüm poliester kumaşların % LOI değerleri daha yüksek çıkmıştır. Yine en yüksek % LOI değeri 25,6 ile, plazma polimerizasyonunda hidrofilleştirme işlemi görmüş, 100 gr/l RucoFlam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama yapılmış poliester kumaşa aittir. Dolayısıyla plazma polimerizasyonunda hidrofilleştirme işleminin, poliester kumaşlarda güç tutuşurluk özelliğine olan olumlu etkisi yıkama işlemlerinden sonra da devam etmiştir. Fakat plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmamış, 50 g/L RucoFlam PSY ve Firetex ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış poliester kumaşların % LOI değerleri hiçbir işlem görmemiş olan poliester kumaşın % LOI değeri ile aynı çıkmıştır. Dolayısıyla 50 g/L RucoFlam PSY ve Firetex ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış poliester kumaşların yıkama dayanıklılığının olmadığı ve kumaş üzerinden bütünüyle uzaklaştığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Plazma işlemi uygulanmamış poliester kumaşların yıkama öncesi ve sonrası % LOI değerleri

<i>Plazma İşlemi Uygulanmamış Poliester Kumaşların % LOI değerleri</i>		
<i>Uyg. çeşitliliği</i>	<i>Yıkama İşlemi Uygulanmamış Normal Poliester Kumaşın LOI değeri</i>	<i>Yıkama İşlemi Uygulanmış Normal Poliester Kumaşın LOI değeri</i>
<i>Kim. ve miktarları</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
<i>100 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>32,5</b>	<b>22,1</b>
<i>60 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>31,8</b>	<b>21,3</b>
<i>50 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>31,1</b>	<b>19,7</b>
<i>Firetex</i>	<b>23,5</b>	<b>19,7</b>

Çizelge 3.4'e göre plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın % LOI değeri 32,5 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 22,1'e düşmüştür.

Yine, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın % LOI değeri 31,8 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 21,3'e düşmüştür.

Aynı şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester



kumaşın % LOI değeri 31,1 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 19,7'ye düşmüştür.

Benzer şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmamış, Firetex maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın % LOI değeri 23,5 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 19,7'ye düşmüştür.

Çizelge 3.4'e göre plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme yapılmamış, gerekli apre işlemleri uygulanmış tüm kumaşların % LOI değerlerinde, yıkama işleminden sonra belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Dolayısıyla güç tutuşurluk sağlamak için kullanılan RucoFlam PSY ve Firetex maddelerinin yıkamaya karşı etkin bir dayanıklılık göstermediği görülmüştür. Buna rağmen, yıkama işleminden sonra en iyi % LOI değeri 22,1 ile, 100 g/L RucoFlam PSY ile işlem görmüş olan poliester kumaşa aittir. RucoFlam PSY maddesinin Firetex'e göre yıkamaya karşı olan dayanımının daha iyi olduğu söylenebilir. Kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı madde miktarı ile kazandırılan güç tutuşurluk özellik arasındaki doğru orantının, yıkama sonrasında da devam ettiği görülmüştür.

**Çizelge 3.5.** Plazma işlemi uygulanmış poliester kumaşların yıkama öncesi ve sonrası % LOI değerleri

<i>Plazma İşlemi Uygulanmış Poliester Kumaşların % LOI değerleri</i>		
<i>Uyg. çeşitliliği</i>	<i>Yıkama İşlemi Uygulanmamış Normal Poliester Kumaşın LOI değeri</i>	<i>Yıkama İşlemi Uygulanmış Normal Poliester Kumaşın LOI değeri</i>
<i>Kim. ve miktarları</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
<i>100 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>36,0</b>	<b>25,6</b>
<i>60 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>34,3</b>	<b>24,9</b>
<i>50 g/L Ruco-Flam PSY</i>	<b>33,7</b>	<b>23,5</b>
<i>Firetex</i>	<b>24,2</b>	<b>20,5</b>

Çizelge 3.5'e göre plazma polimerizasyonu uygulanmış, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın % LOI değeri 36,0 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 25,6'ya düşmüştür.

Yine, plazma polimerizasyonu uygulanmış, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın %LOI değeri 34,3 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 24,9'a düşmüştür.

Aynı şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmış, 50 gr/L Ruco-Flam PSY maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester

kumaşın %LOI değeri 33,7 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 23,5'e düşmüştür.

Benzer şekilde, plazma polimerizasyonu uygulanmış, Firetex maddesiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış ve yıkama işlemi yapılmamış poliester kumaşın % LOI değeri 24,2 iken, aynı apre işlemleri uygulanıp yıkama işlemi yapılan kumaşın % LOI değeri 20,5'e düşmüştür.

Çizelge 3.5' göre plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme yapılmış, gerekli apre işlemleri uygulanmış tüm kumaşların % LOI değerlerinde, yıkama işleminden sonra belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Dolayısıyla güç tutuşurluk sağlamak için kullanılan RucoFlam PSY ve Firetex maddelerinin yıkamaya karşı etkin bir dayanıklılık göstermediği görülmüştür. Buna rağmen, yıkama işleminden sonra en iyi % LOI değeri 25,6 ile, 100 g/L RucoFlam PSY ile işlem görmüş olan poliester kumaşa aittir. RucoFlam PSY maddesinin Firetex'e göre yıkamaya karşı olan dayanımının daha iyi olduğu söylenebilir. Dolayısıyla elde edilen bu değerle, kumaş yıkanmış olmasına rağmen, plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme sayesinde % LOI değeri 25'in üzerinde kalmıştır. Ayrıca kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı madde miktarı ile kazandırılan güç tutuşurluk özellik arasındaki doğru orantının, yıkama sonrasında da devam ettiği görülmüştür.

Ayrıca Firetex maddesiyle işlem görmüş kumaşların yanış şekilleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme varlığında veya yokluğunda, Firetex ile işlem görmüş tüm kumaşların (6x14 cm) tamamen yanması yaklaşık 210 saniye sürmüştür. Fakat Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşların tamamen yanması (kullanılan madde miktarına ve tüpten geçen oksijen miktarına bağlı olarak değişse de) ortalama 40 saniye sürmüştür. Dolayısıyla Firetex ile işlem görmüş kumaşın tamamen yanması için geçen süre Ruco-Flam PSY maddesiyle işlem görmüş kumaşın tamamen yanması için geçen sürenin yaklaşık 5 katıdır. Firetex ile işlem görmüş kumaşın % LOI değerleri Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa göre düşük olsa da, kumaşlar çok yavaş ve simetrik bir şekilde yanmış ve poliester kumaşların hiç birinde kesinlikle damlama ve erime gözlenmemiştir. Kumaşlarda sadece kömürleşme

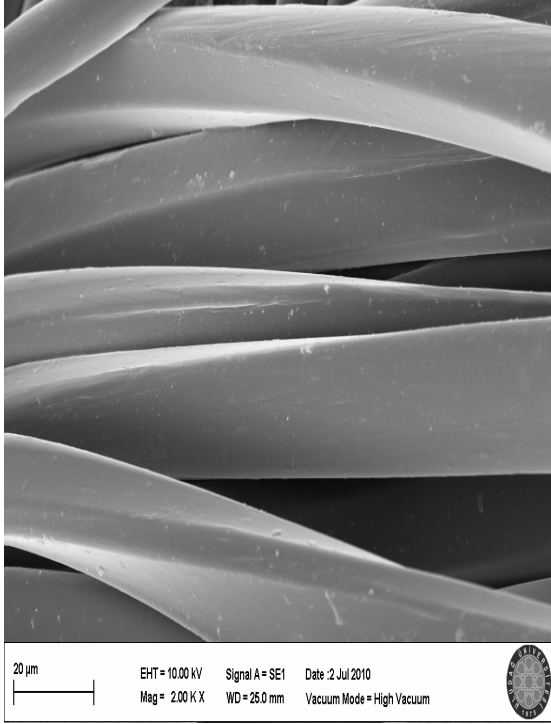
ve kararına meydana gelmiştir (Şekil 3.1). Piyasada sıkça kullanılan Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşlarda ise erime ve damlama gözlenmiştir.



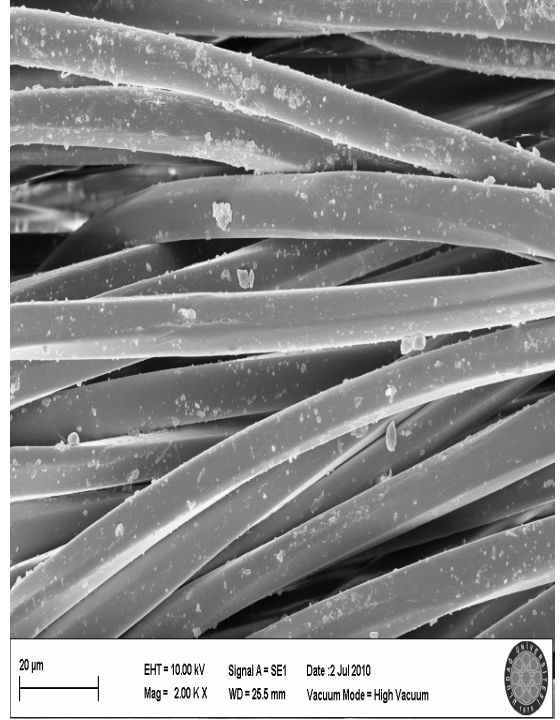
**Şekil 3.1.** Firetex ile işlem görmüş kumaşın LOI testinde yandıktan sonraki görüntüsü

### 3.2. SEM Analiz Sonuçları

21 adet kumaş numunesi hazırlanarak, Taramalı Elektron Mikroskopunda poliester kumaşların X2000 ve X4000 büyütmede görüntüleri alınmıştır. Aşağıdaki şekillerde farklı işlemlerden geçirilmiş poliester kumaş numunelerinin SEM mikrografları gösterilmektedir.

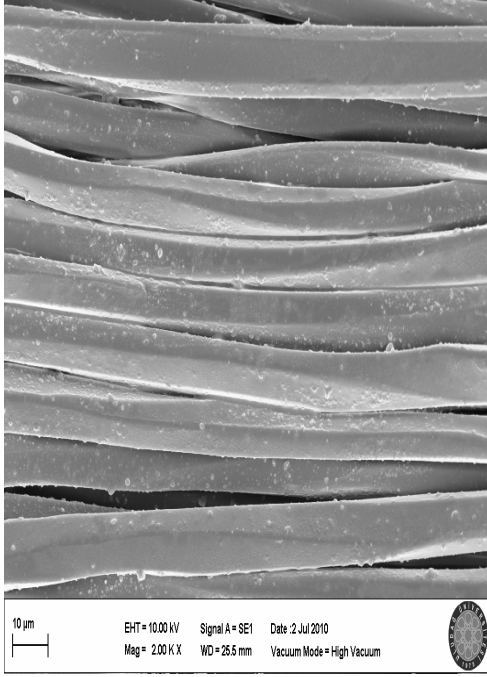


**Şekil 3.2.** Güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş numunesinin (Örnek 1) X2000 büyütmede SEM mikrografi

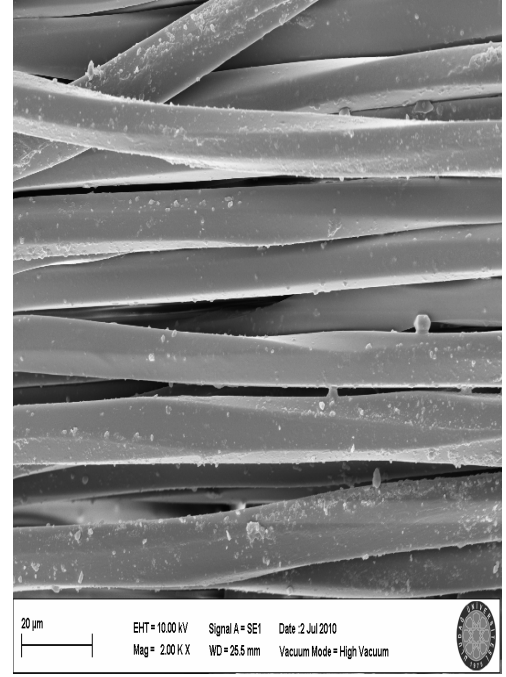


**Şekil 3.3.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 2) X2000 büyütmede SEM mikrografi

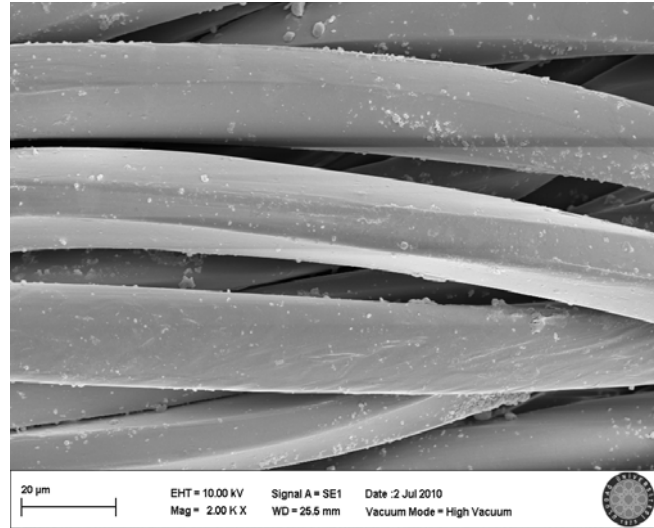
Şekil 3.2’de güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş numunesinin SEM mikrografi X2000 büyütmede gösterilmektedir. Görüldüğü gibi poliester ipliklerinin üzerinde herhangi bir apre işlemine ait bir kalıntı veya plazma işleminden kaynaklanan bir aşınma söz konusu değildir. Şekil 3.3’te ise İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 2) X2000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. İpliği boyalı poliester ipliklerinden üretilmiş kumaş olduğu için, iplik üzerlerinde boyama işlemlerinden kalan kalıntılar görülmektedir.



**Şekil 3.4.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 1 dakika  $O_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 3) X2000 büyütmede SEM mikrografi



**Şekil 3.5.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 5 dakika  $O_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 4) X2000 büyütmede SEM mikrografi

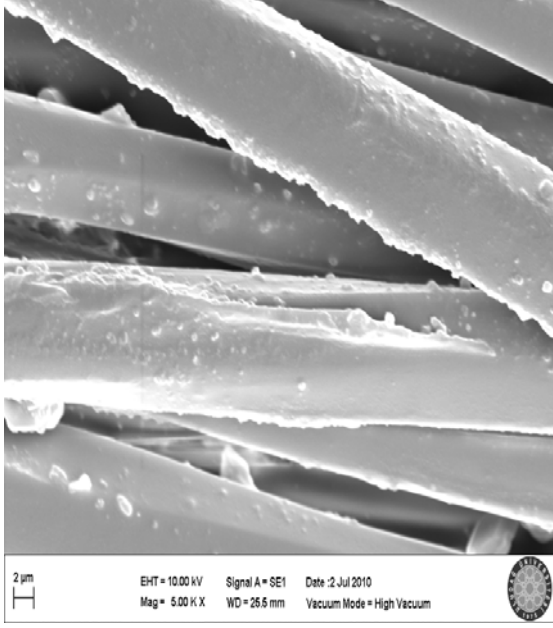


**Şekil 3.6.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $O_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 5) X2000 büyütmede SEM mikrografi

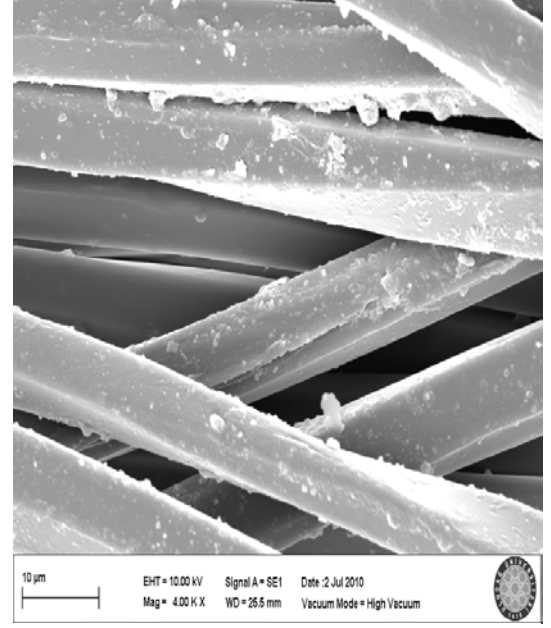
Şekil 3.4'te ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 1 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin X2000 büyütmede SEM mikrografi gösterilmektedir. Şekil 3.4'deki genel görüntüden, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin üzerindeki kalıntıların bir miktar azaldığı görülmektedir. Bu durumun plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Plazma polimerizasyonu bilindiği gibi kumaşın yüzeyi üzerinde etkili olan ve yüzeyi aşındırıp kimyasal bağlanmayı kolaylaştıran bir tekniktir. Bu mikrograftan plazma polimerizasyonunun bir miktar yüzeyi aşındırdığı, dolayısıyla iplik üzerlerindeki boyama kalıntılarını da aşındırdığı sonucuna varılabilmektedir.

Şekil 3.5'deki genel görüntüye bakıldığında plazma polimerizasyonunda 1 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin görüntüsüne oranla daha az miktarda kalıntı görülmektedir.

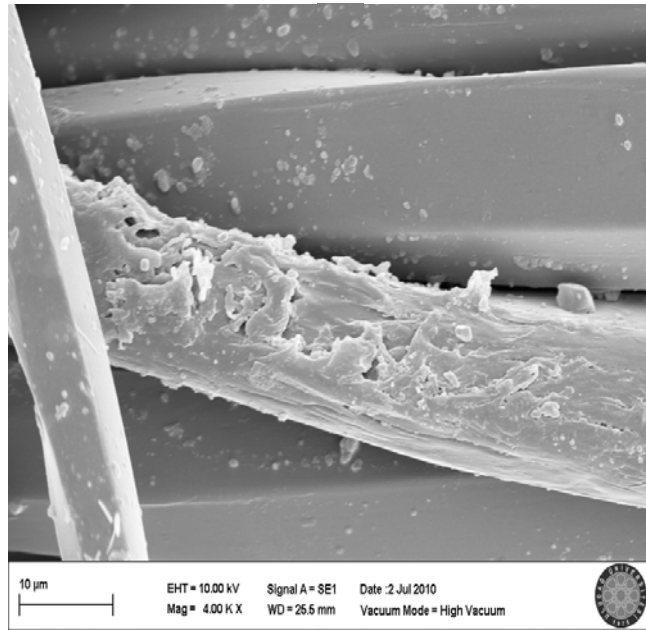
Şekil 3.6'daki genel görüntüye bakıldığında plazma polimerizasyonunda 1 dakika ve 5 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin görüntülerine oranla çok daha az miktarda kalıntı görülmektedir. Bu mikrografta 10 dakikalık bir plazma polimerizasyonu sonucu yüzeyde kalıntıların iyice yok olduğu net bir şekilde ortaya konulmaktadır. Dolayısıyla plazma polimerizasyonunda süre arttırıldıkça, aşındırma etkisinin de arttığı görülmektedir.



**Şekil 3.7.** İpliği boyalı normal polyester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 1 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 3) X4000 büyütmede SEM mikrografi



**Şekil 3.8.** İpliği boyalı normal polyester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 5 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 4) X4000 büyütmede SEM mikrografi

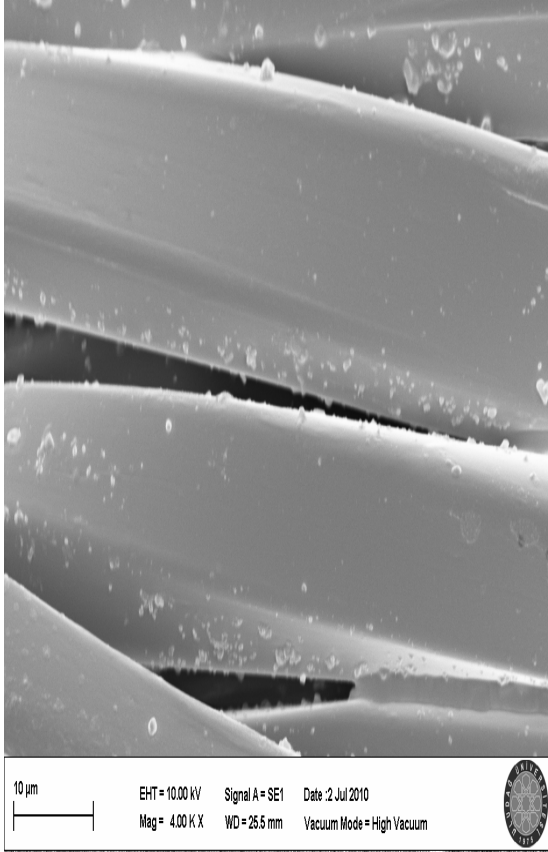


**Şekil 3.9.** İpliği boyalı normal polyester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 5) X4000 büyütmede SEM mikrografi

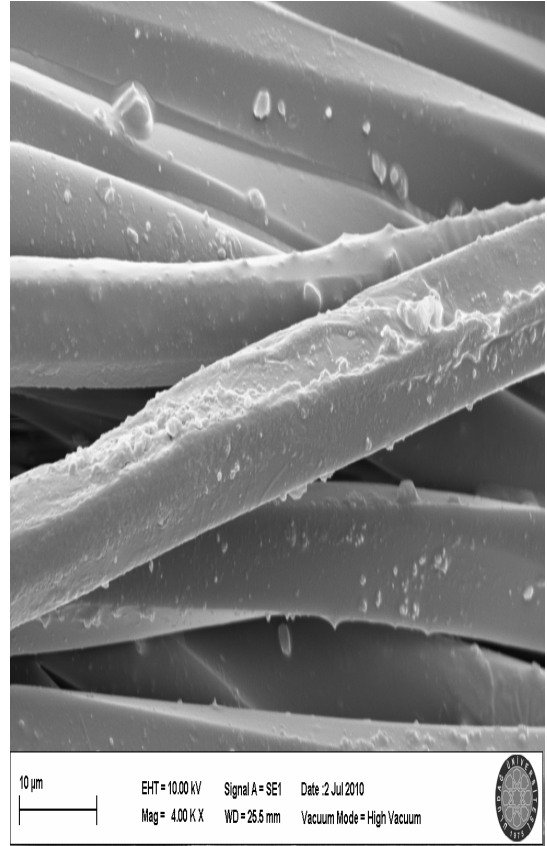


Şekil 3.7’de ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 1 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 3) X4000 büyütmede SEM mikrografi, Şekil 3.8’de ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 5 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 4) X4000 büyütmede SEM mikrografi, Şekil 3.9’da ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin (Örnek 5) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir.

Şekil 3.7’de, Şekil 3.8’de ve Şekil 3.9’da plazma polimerizasyonundan kaynaklanan aşındırma etkisi iplikler üzerinde belirgin bir şekilde görülmektedir. Süre arttıkça, plazma polimerizasyonunda O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirme işleminin aşındırma etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 3.9’da 10 dakika uygulanan plazma polimerizasyonunun yaptığı aşındırma etkisi çok net ve belirgin biçimde görülmektedir.



**Şekil 3.10.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 6) X4000 büyütmede SEM mikrografi

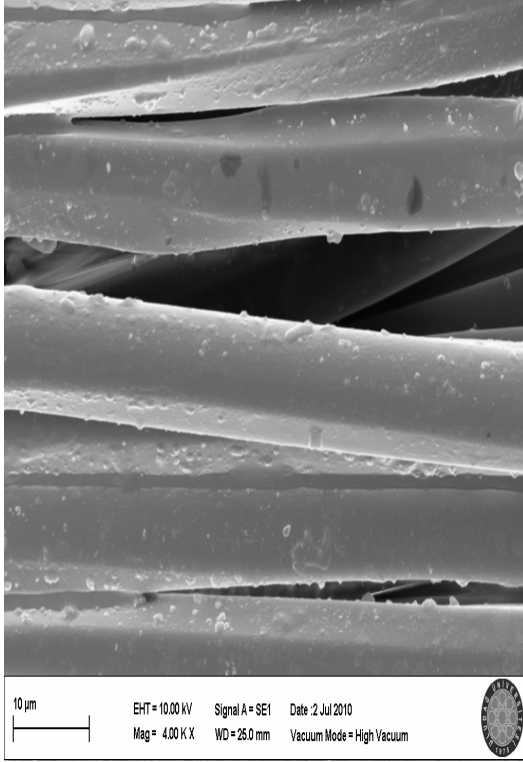


**Şekil 3.11.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 12) X4000 büyütmede SEM mikrografi

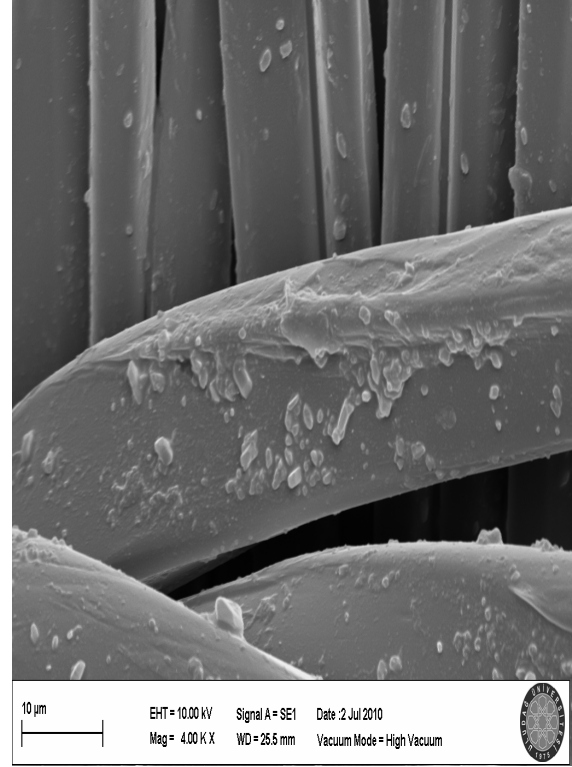
Şekil 3.10'da ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesine ait ipliklerin X 4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Burada plazma polimerizasyonu ile herhangi bir işlem yapılmadığı için yüzeyde herhangi bir aşınma söz konusu değildir.

Şekil 3.11'de ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 12) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir.

İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinde mevcut olmayan aşınmalar, 10 dakika uygulanan plazma işlemi sonunda görülebilmektedir.



**Şekil 3.12.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 7) X4000 büyütmede SEM mikrografı

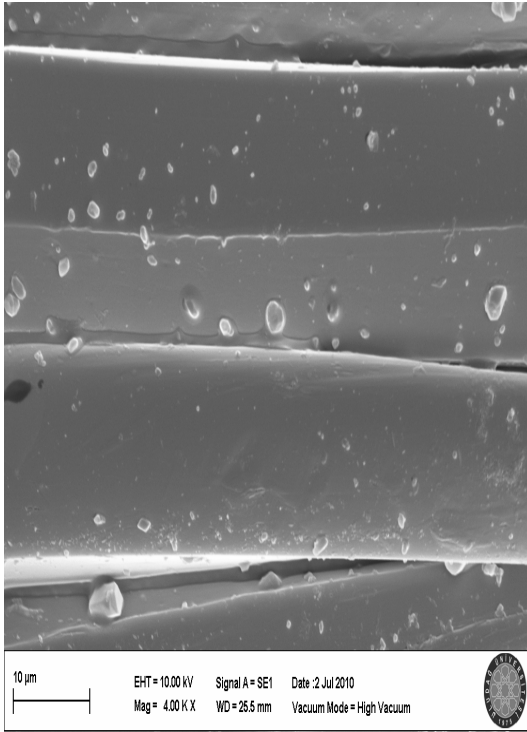


**Şekil 3.13.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 13) X4000 büyütmede SEM mikrografı

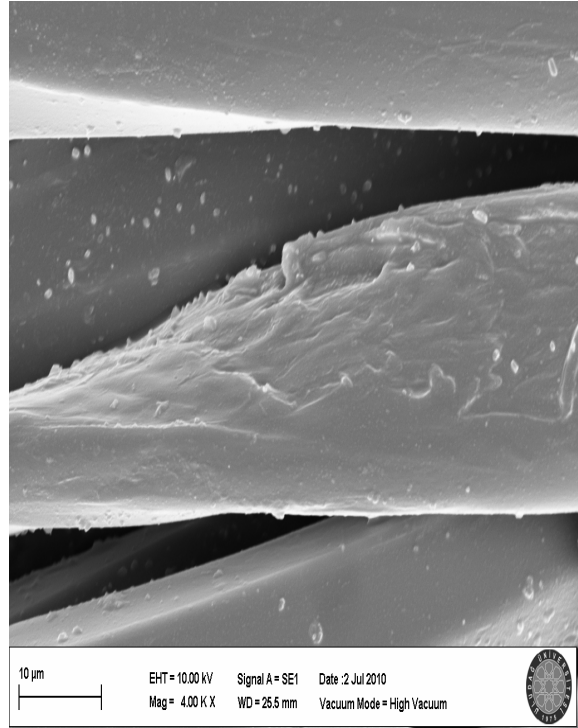
Şekil 3.12’de İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 7) X4000 büyütmede SEM mikrografı görülmektedir. Plazma polimerizasyon işlemi uygulanmadığı için yüzeyde herhangi bir aşınma etkisi görülmemektedir.

Şekil 3.13'te İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 13) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir.

Şekil 3.13'te plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin yüzeyindeki aşınmalar net ve belirgin bir şekilde görülmektedir.



**Şekil 3.14.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 8) X4000 büyütmede SEM mikrografi

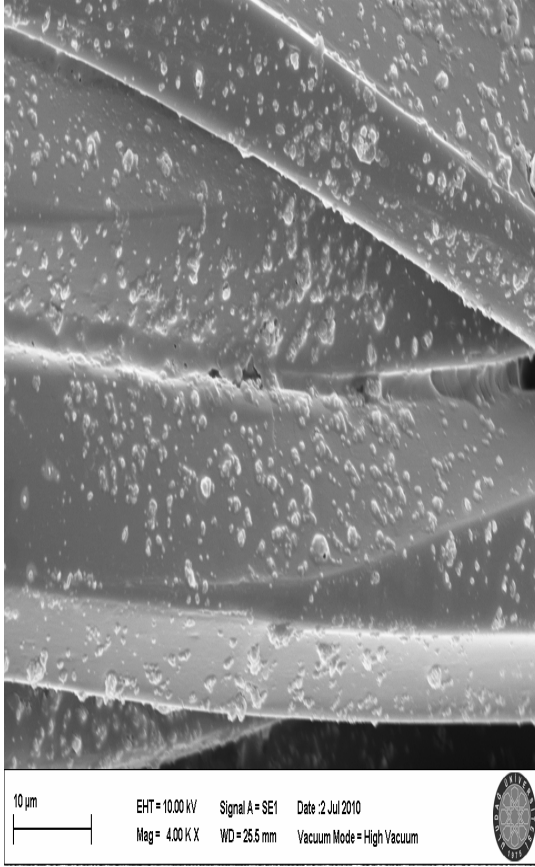


**Şekil 3.15.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 14) X4000 büyütmede SEM mikrografi

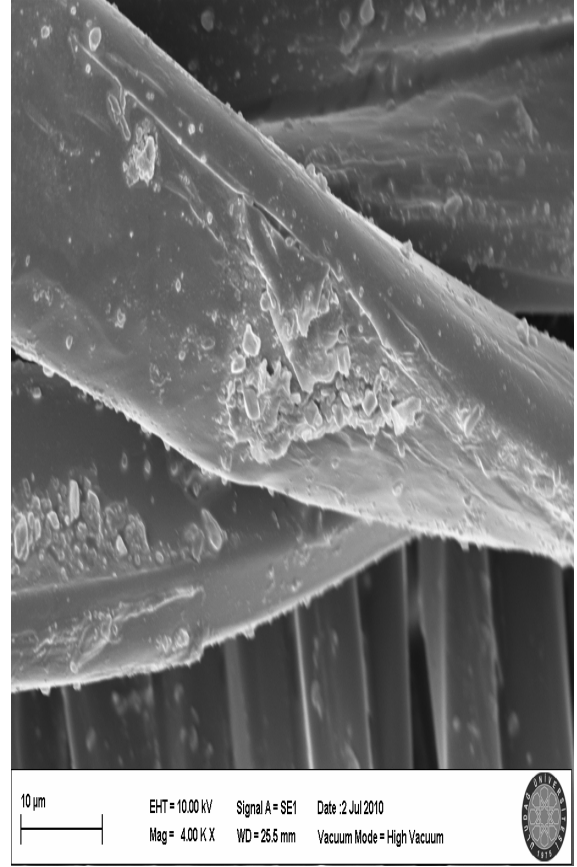
Şekil 3.14'te ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 8) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Herhangi bir plazma polimerizasyon işlemi uygulanmadığı için yüzeyde bir aşınma söz konusu değildir.

Şekil 3.15'te ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 14) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir.

Şekil 3.15'te ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin yüzeyinde meydana gelen aşınmalar net ve belirgin bir şekilde görülmektedir.



**Şekil 3.16.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 18) X4000 büyütmede SEM mikrografi

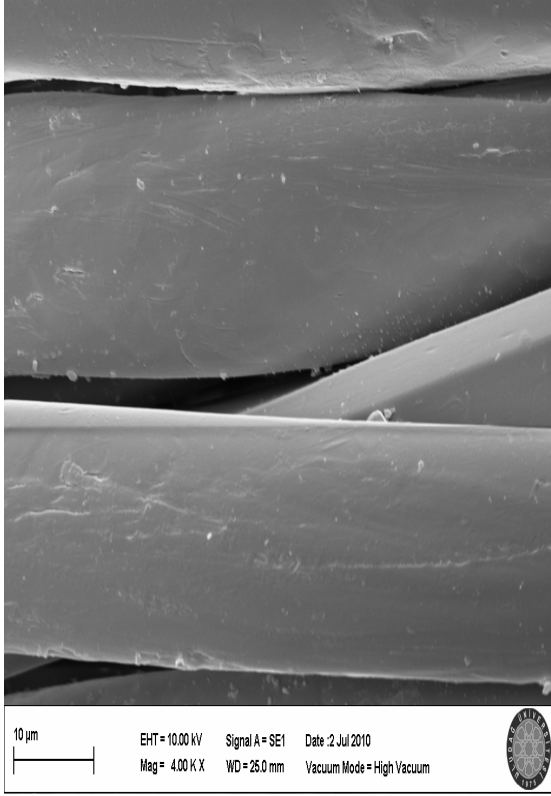


**Şekil 3.17.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 20) X4000 büyütmede SEM mikrografi

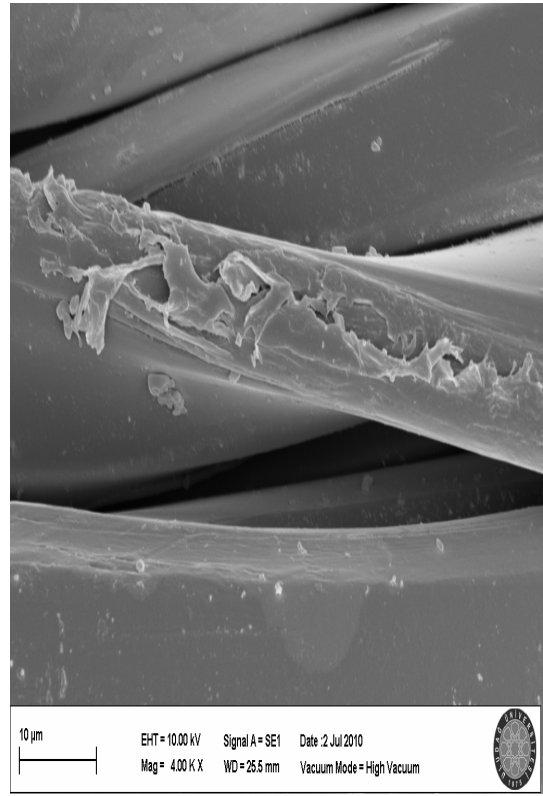
Şekil 3.16'da ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesinin (Örnek 18) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir.

Şekil 3.16'da ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi görmemiş kumaş ile Ruco-Flam PSY maddesinin çeşitli oranlarında işlem görmüş kumaş numunesine oranla daha fazla miktarda madde kalıntıları görülmektedir. Bu durumun Firetex maddesinin yapısındaki farklılıklardan ileri geldiği düşünülmektedir.

Şekil 3.17’de ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex ile işlem görmüş kumaş numunesinin (Örnek 20) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminden kaynaklanan kumaş numunesi yüzeyindeki aşınmalar net ve belirgin bir şekilde görülmektedir.



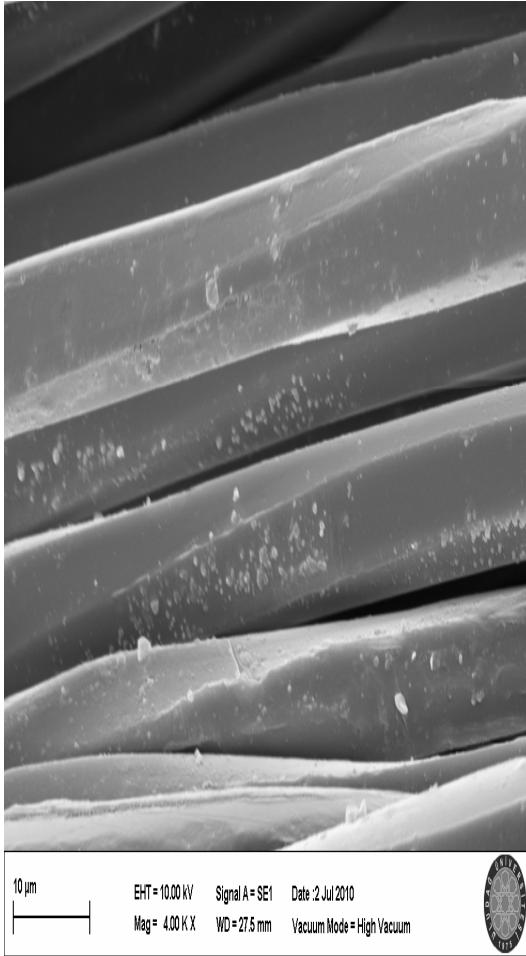
**Şekil 3.18.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 19) X4000 büyütmede SEM mikrografi



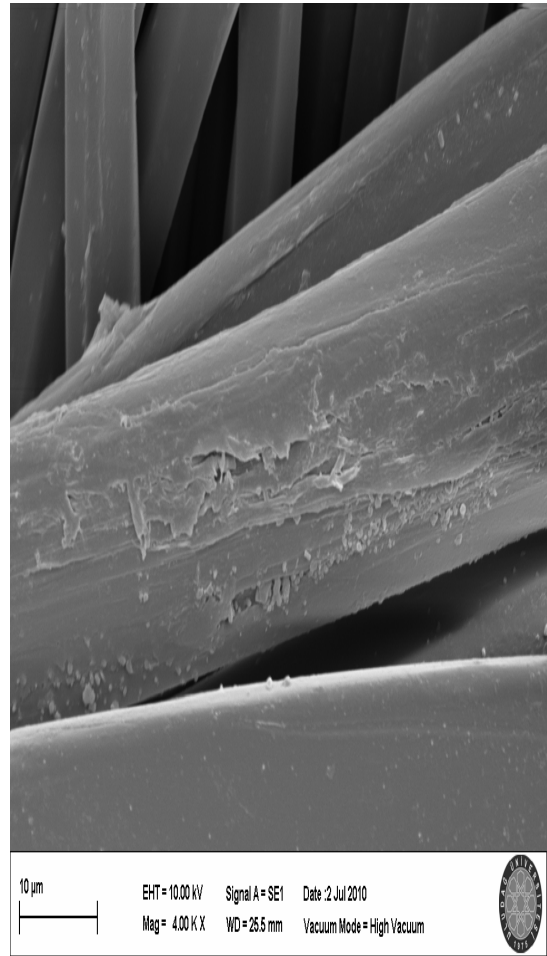
**Şekil 3.19.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, Firetex ile işlem görmüş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 21) X4000 büyütmede SEM mikrografi

Şekil 3.18’de İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 19) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Kumaş yüzeyinde kalıntının oldukça azaldığı bu görüntüyle ortaya konulmaktadır.

Şekil 3.19’da ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, Firetex ile işlem görmüş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 21) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Yıkama işleminin ardından yüzeydeki kalıntıların neredeyse tamamen yok olduğu fakat plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminden kaynaklanan aşınmaların mevcut olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.20.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 9) X4000 büyütmede SEM mikrografi

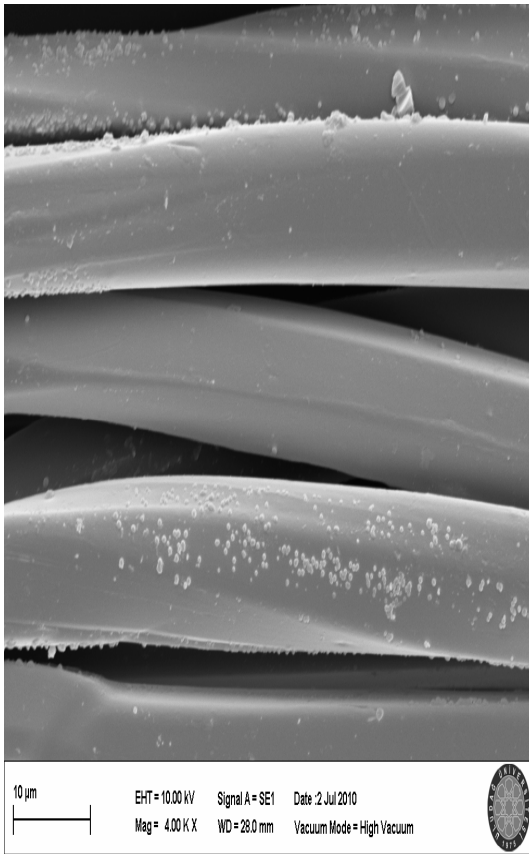


**Şekil 3.21.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 15) X4000 büyütmede SEM mikrografi

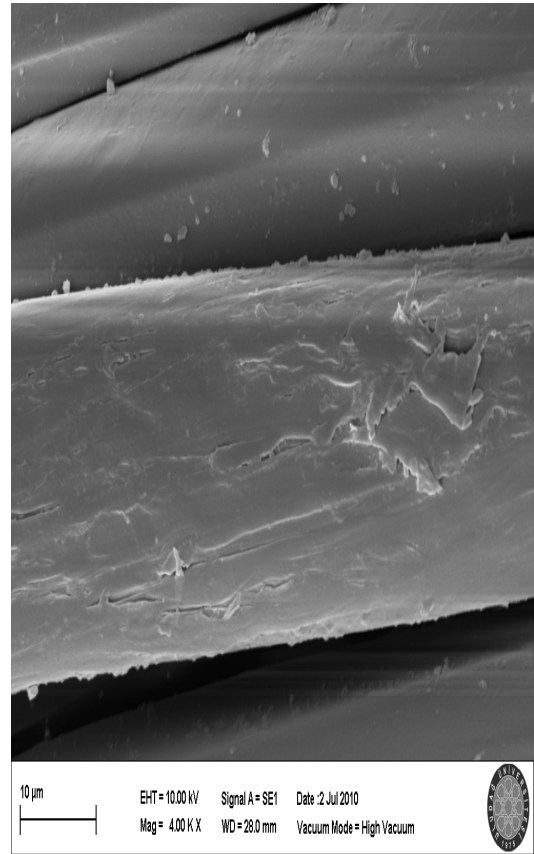


Şekil 3.20’de ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 9) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Yıkama işleminin ardından iplikler üzerinde az miktarda maddenin kaldığı görülebilmektedir.

Şekil 3.21’de ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 15) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Yıkama işleminin ardından madde miktarının azaldığı fakat plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminden kaynaklanan aşınmaların mevcut olduğu görülebilmektedir.



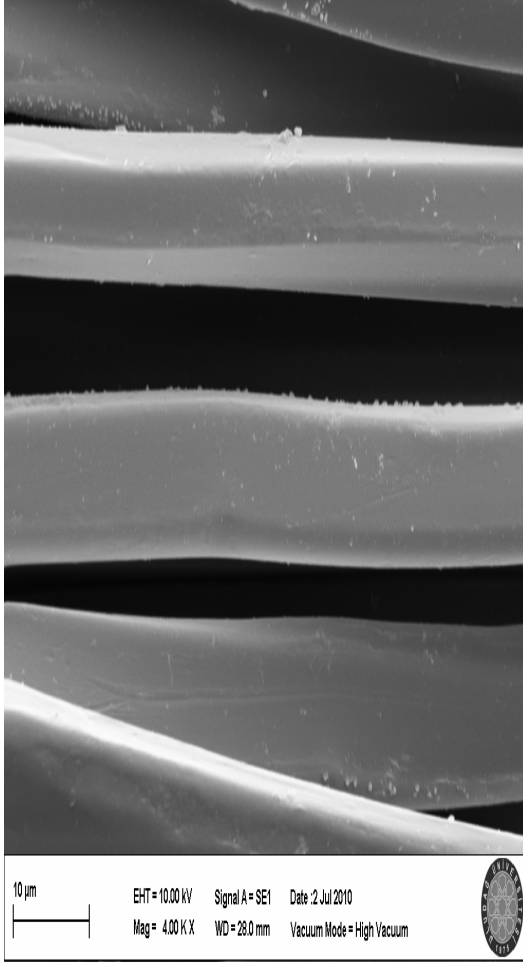
**Şekil 3.22.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 10) X4000 büyütmede SEM mikrografi



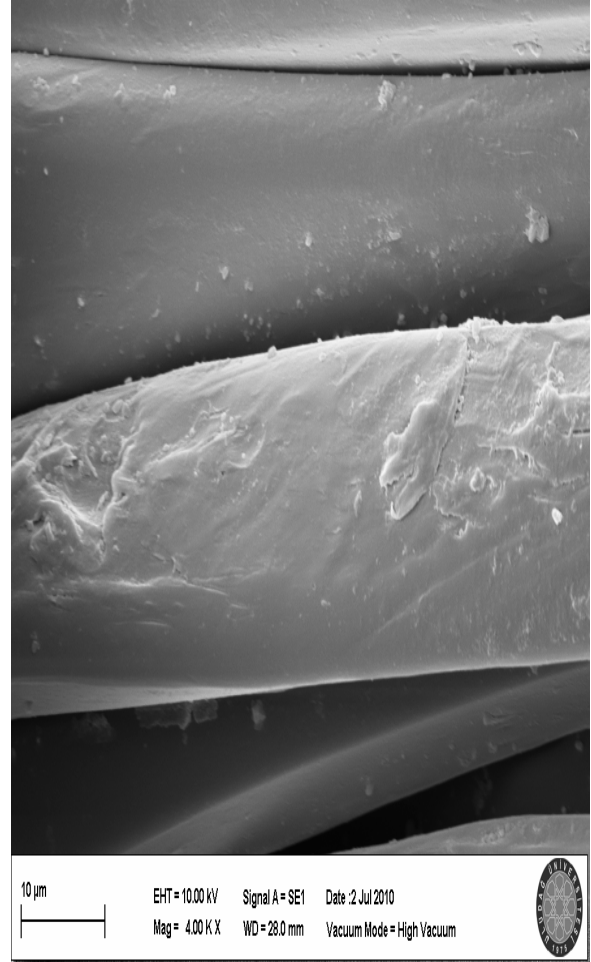
**Şekil 3.23.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 16) X4000 büyütmede SEM mikrografi

Şekil 3.22’de ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 10) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Herhangi bir plazma polimerizasyon işlemi uygulanmadığı için yüzeyde bir aşınma söz konusu değildir. Yıkama işleminin ardından madde miktarında azalma meydana gelmiştir.

Şekil 3.23’te ise ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 60 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 16) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Yıkama işleminin ardından madde miktarında azalma olduğu fakat plazma polimerizasyonundan kaynaklanan yüzey aşınmalarının mevcut olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.24.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 11) X4000 büyütmede SEM mikrografi



**Şekil 3.25.** İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 17) X2000 büyütmede SEM mikrografi

Şekil 3.24'te ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 11) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Herhangi bir plazma polimerizasyonu işlemi uygulanmadığı için yüzeyde bir aşınma söz konusu değildir. Yıkama işleminin ardından madde miktarının yok denecek kadar azaldığı görülmektedir.

Şekil 3.25'te ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş numunesinin (Örnek 17) X4000 büyütmede SEM mikrografi görülmektedir. Yıkama işleminin ardından madde miktarında büyük miktarda düşüş olduğu fakat plazma polimerizasyonundan kaynaklanan yüzey aşınmalarının mevcut olduğu görülmektedir.

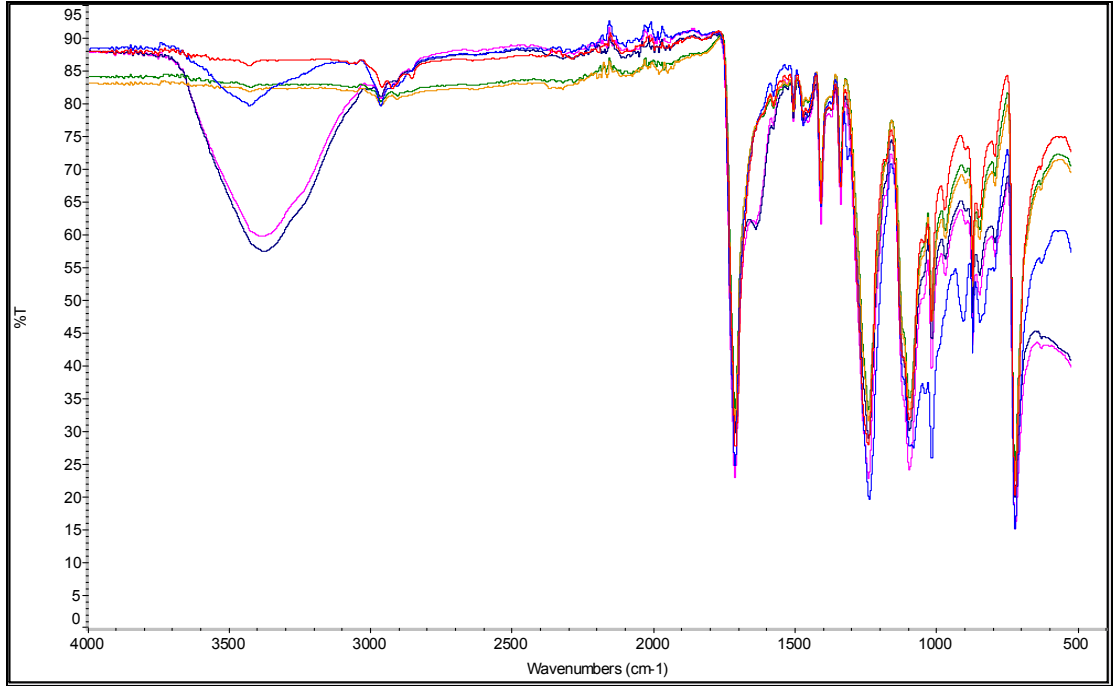
Alınan SEM görüntülerinde genel olarak kullanılan güç tutuşur maddenin miktarı azaldıkça, ipliklerin üzerindeki kalıntılarında azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca apre işlemi görmüş veya görmemiş poliester kumaşların plazma polimerizasyonunda O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirme işleminin ardından, üzerilerindeki kalıntıların azaldığı görülmüştür. Yıkama işlemi sonrasında ise kalıntıların özellikle düşük miktarda uygulanmış güç tutuşur maddesinde ve Firetex'te yok denecek kadar azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan tüm kumaş numunelerinin hem X2000 büyütmede hem de X4000 büyütmedeki SEM mikrograflarının yapılan LOI test sonuçlarıyla uyumlu olduğu ve birbirlerini destekledikleri sonucuna varılmıştır.

### 3.3. FT-IR Analizi Sonuçları

Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 4000 cm<sup>-1</sup>, 2800 cm<sup>-1</sup> ile 3600 cm<sup>-1</sup>, 2800 cm<sup>-1</sup> ile 3000 cm<sup>-1</sup> ve 500 cm<sup>-1</sup> ile 3000 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi aşağıda sırasıyla Şekil 3.26'da, Şekil 3.27'de Şekil 3.28'de ve Şekil 3.29'da gösterilmiştir.

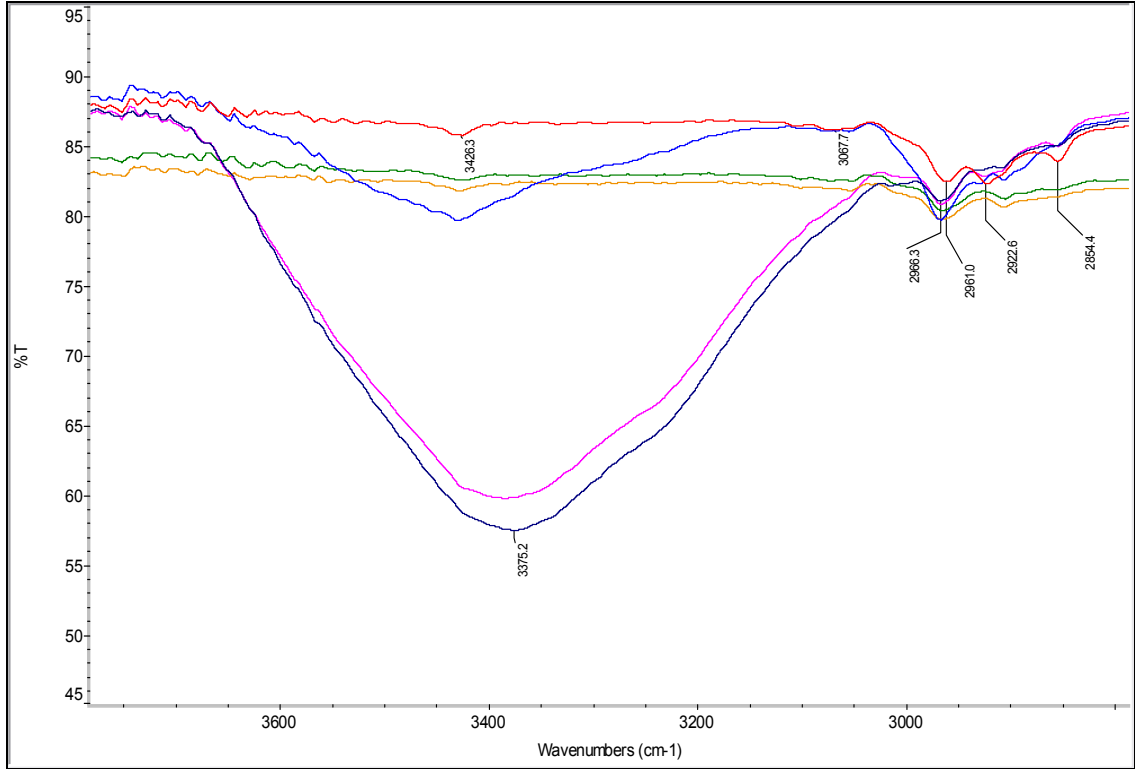
3.29'dan 3.34'e kadar süren FT-IR analizlerinde diğer kumaş numunelerinden bazılarının infrared spektroskopileri karşılaştırmalı olacak şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 3.26.** Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın  $525 \text{ cm}^{-1}$  ile  $4000 \text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı arası FT-IR analizi

- İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş
- İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş
- İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş, Firetex ile işlem görmüş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş
- İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş
- İplik boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex ile işlem görmüş kumaş
- İplik boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex ile işlem görmüş kumaş

Şekil 3.26'daki FT-IR spektrumları incelendiğinde  $1715 \text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C=O gerilim titreşimi),  $1242 \text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve  $1096 \text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) piklerin olduğu görülmektedir. Bu üç pik de poliester'e ait karakteristik piklerdir. Dolayısıyla Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaş numunesine ait FT-IR analiz eğrisinin konvansiyonel poliester eğrisi ile uyumlu olduğu görülmüştür.



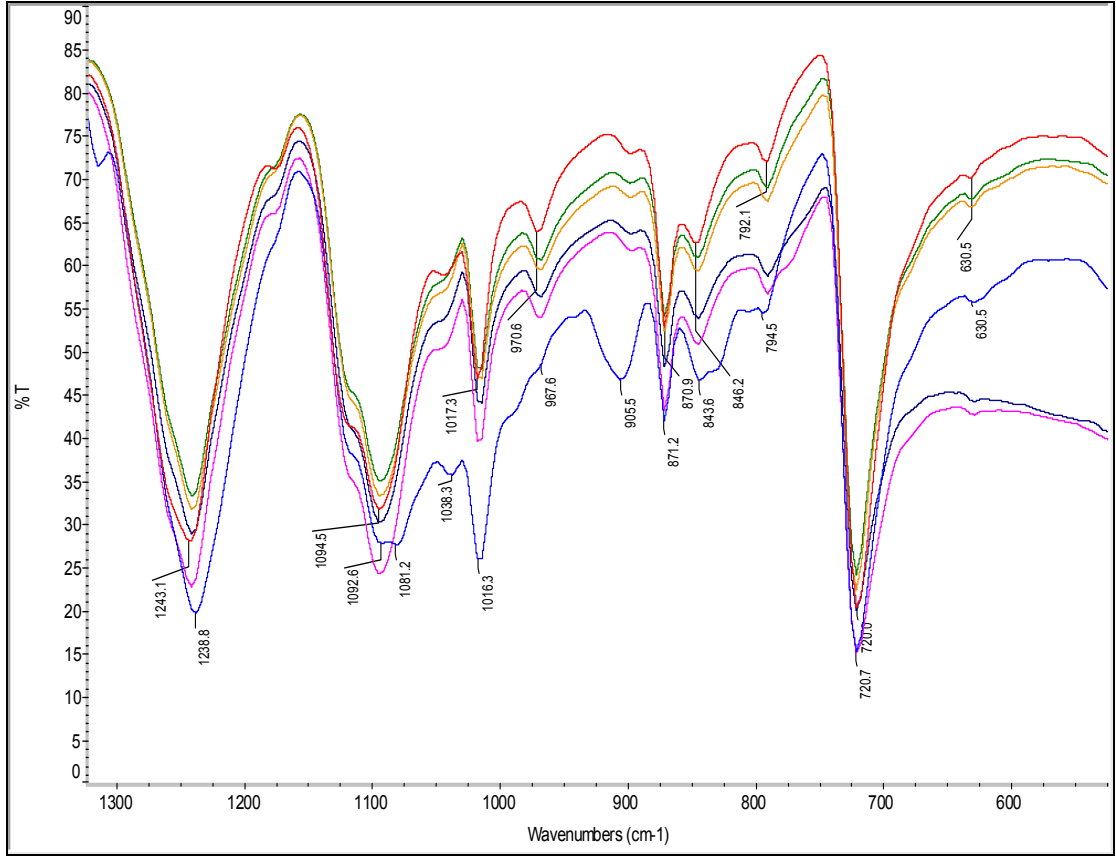
**Şekil 3.27.** Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın  $2800\text{ cm}^{-1}$  ile  $3600\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı arası FT-IR analizi

Şekil 3.27’de 6 çeşit poliester kumaş numunesinin de  $3400\text{ cm}^{-1}$  civarlarında su pikleri,  $2966,3\text{ cm}^{-1}$  ve  $2854,4\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında alifatik grupların bağlandığı pikler görülmektedir. Herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın su piki  $3426,3\text{ cm}^{-1}$ ’de görülmektedir. Burada, poliester kumaşa emdirme yöntemiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaya çalışıldıkça, su piklerinin belirginleştiği görülmektedir. En belirgin su piki,  $3373,2\text{ cm}^{-1}$  ile, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex ile işlem görmüş kumaşa aittir. Bunun sebebi Firetex maddesinin Bölüm 2.2 Yöntem’ de anlatıldığı üzere hem su bazlı bir madde olmasından, hem de plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme etkisinden kaynaklanır. Hemen üzerindeki eğri de, iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex ile işlem görmüş kumaşa aittir. Dolayısıyla plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin madde alım miktarına olumlu etkisi FT-IR analiz eğrilerine de yansımıştır.

RucoFlam PSY, Firetex maddesinden yapı olarak farklı olduğu için gösterdiği eğri ve pik değeri Firetex'ten farklıdır. Fakat yaş işlem uygulandığı ve plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme yapıldığı için herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşa göre su piki daha belirgindir.

Yıkama işlemi yapıldıkça hem RucoFlam PSY hem de Firetex maddesi ile işlem görmüş kumaşların FT-IR naliz eğrileri herhangi bir apre işlemi görmemiş kumaşın eğrisine benzemekte olduğu görülmektedir. Bu da yıkama işlemi etkisiyle kumaş üzerinde madde miktarının azaldığının belirtisi sayılabilir.

Poliester kumaşlara güç tutuşurluk işlemi uygulandıkça % T (Transmission) yani geçirgenlik yüzdelerinde düşme gözlemlenmiştir. Bu düşüş madde miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme etkisinin geçirgenlik yüzdelerini daha da düşürdüğü dolayısıyla kumaş tarafından alınan madde miktarında artışa sebep olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.28.** Firetex ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın  $525\text{ cm}^{-1}$  ile  $1300\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı arası FT-IR analizi

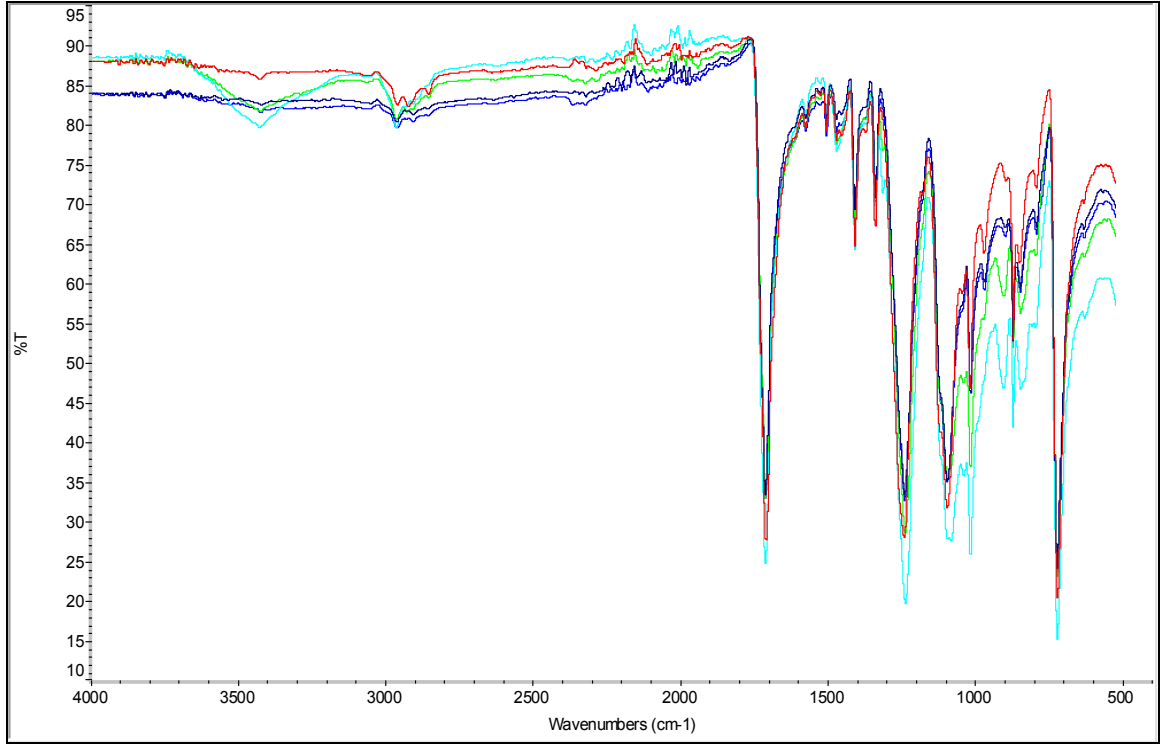
Şekil 3.28’de poliesterin karakteristik pikleri olan  $1242\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve  $1096\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) pikleri belirgin bir şekilde görülmektedir. Burada herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın  $1243,1\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın  $1238,8\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında pik yaptığı görülmüştür. Bu da aromatik ester C-C-O bağlarında bir zayıflama meydana getirdiğini düşündürmektedir.

Yine, herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş  $1094,5\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın  $1092,6\text{ cm}^{-1}$  ve  $1081,2\text{ cm}^{-1}$  dalga sayılarında iki ayrı pik yaptığı



görülmüştür. Bu durum aromatik ester O-C-C bağlarında bir zayıflama olduğunu düşündürmektedir.

1242  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda olan karakteristik pikte, ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex ile işlem görmüş kumaşın pik yaptığı dalga sayısı; ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve Firetex ile işlem görmüş kumaşın pik yaptığı dalga sayısı ile ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın pik yaptığı dalga sayısı arasındadır.

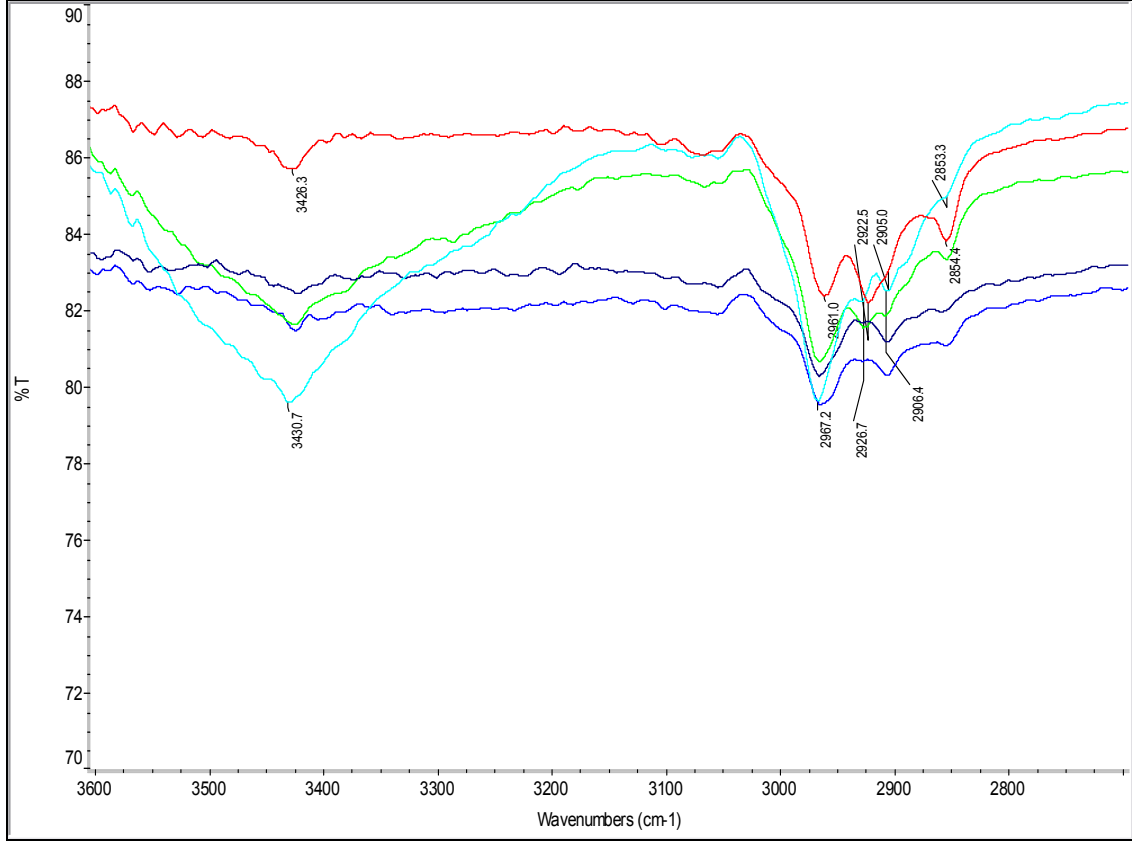


**Şekil 3.29.** 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525  $\text{cm}^{-1}$  ile 4000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı arası FT-IR analizi

- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş, 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ve ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkanmış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş

Şekil 3.29'daki FT-IR spektrumları incelendiğinde, Şekil'de olduğu gibi poliesterin karakteristik pikleri olan 1715  $\text{cm}^{-1}$  (aromatik ester C=O gerilim titreşimi), 1242  $\text{cm}^{-1}$  (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve 1096  $\text{cm}^{-1}$  (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) piklerin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış

poliester kumaş numunesine ait FT-IR analiz eğrisinin konvansiyonel poliester eğrisi ile uyumlu olduğu görülmüştür.



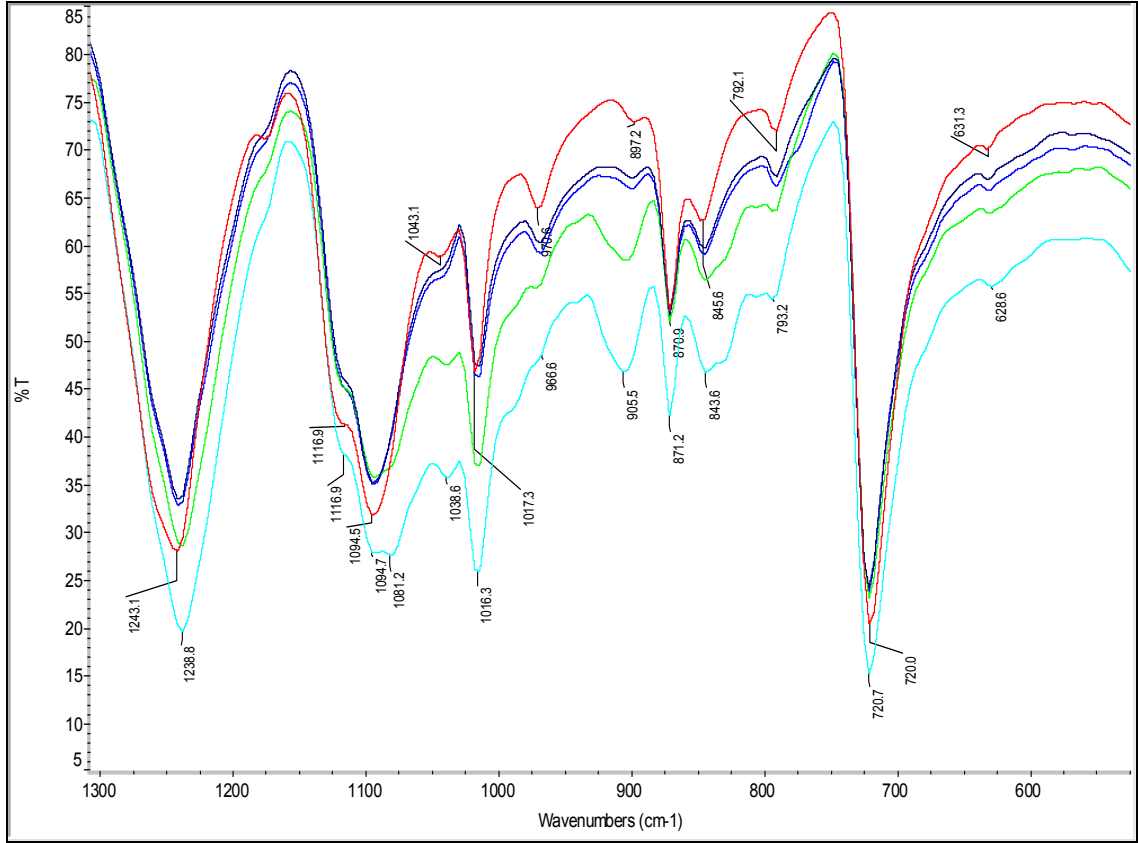
**Şekil 3.30.** 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 2800  $\text{cm}^{-1}$  ile 3600  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı arası FT-IR analizi

Şekil 3.30'da 5 çeşit poliester kumaş numunesinin de 3400  $\text{cm}^{-1}$  civarlarında su pikleri, 2967,2  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853,3  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında alifatik grupların bağlandığı pikler görülmektedir. Herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın su piki 3426,3  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülmektedir. Burada, poliester kumaşa emdirme yöntemiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaya çalışıldıkça, su piklerinin belirginleştiği görülmektedir. En belirgin su piki, 3430,7  $\text{cm}^{-1}$  ile, iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa aittir. Bu durum plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme etkisinden kaynaklanmaktadır. Üzerinde aynı tarzda pik yapan eğri de, iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve 100 gr/lt Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi

uygulanmış kumaşa aittir. Dolayısıyla plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin madde alım miktarına olumlu etkisi FT-IR analiz eğrilerine de yansımıştır.

Yıkama işlemi yapıldıkça hem plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmış hem de plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmamış fakat 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşların FT-IR analiz eğrileri, herhangi bir apre işlemi görmemiş kumaşın eğrisine benzemekte olduğu görülmektedir. Bu da yıkama işlemi etkisiyle kumaş üzerinde madde miktarının azaldığının belirtisi sayılabilir. Yine de, plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmış kumaşın %T değeri daha düşüktür. Bu da, bu kumaşın yıkamadan sonra bile daha fazla maddeyi kumaş üzerinde barındırdığını düşündürmektedir.

Poliester kumaşlara güç tutuşurluk işlemi uygulandıkça, 4 çeşit kumaşın hepsinde % T (Transmission) yani geçirgenlik yüzdelerinde düşme gözlemlenmiştir. Bu düşüş madde miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme etkisinin geçirgenlik yüzdelerini daha da düşürdüğü dolayısıyla kumaş tarafından alınan madde miktarında artışa sebep olduğu görülmektedir.

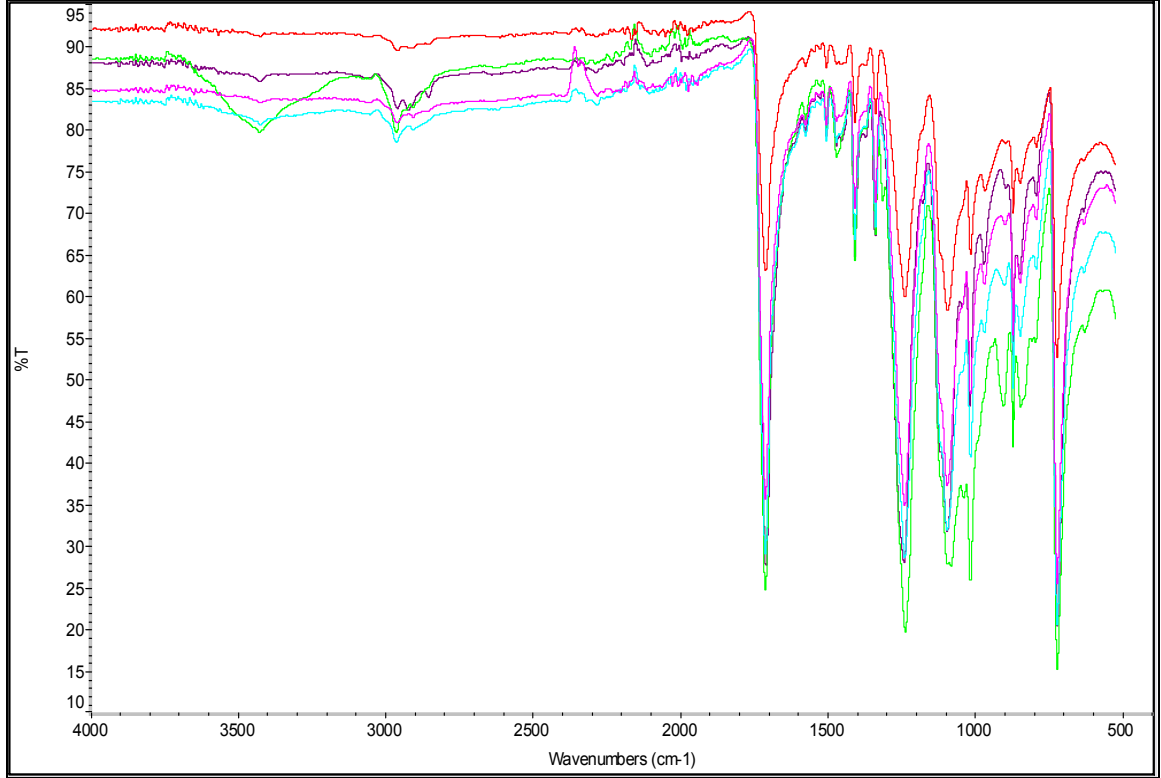


**Şekil 3.31.** 100 g/L Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 1300 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arası FT-IR analizi

Şekil 3.31’de poliesterin karakteristik pikleri olan 1242 cm<sup>-1</sup> (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve 1096 cm<sup>-1</sup> (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) pikleri belirgin bir şekilde görülmektedir. Burada herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 1243,1cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın 1238,8 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaptığı görülmüştür. Bu da aromatik ester C-C-O bağlarında bir zayıflama meydana getirdiğini düşündürmektedir.

Yine, herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş 1094,5 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın 1094,7 cm<sup>-1</sup> ve 1081,2 cm<sup>-1</sup> dalga sayılarında iki ayrı pik yaptığı

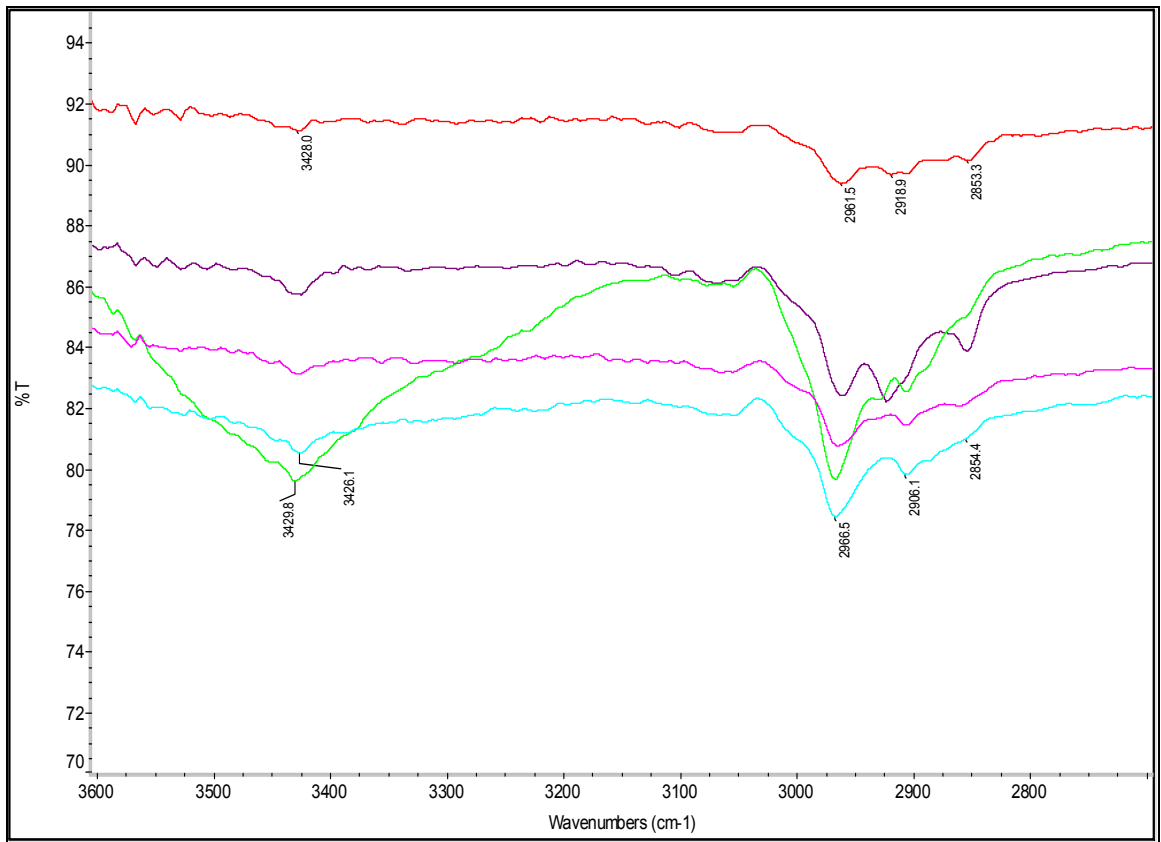
görülmüştür. Bu durum aromatik ester O-C-C bağlarında bir zayıflama olduğunu düşündürmektedir.



**Şekil 3.32.**Plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 4000 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri

- Güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 50 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş
- İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş

Şekil 3.32'deki FT-IR spektrumları incelendiğinde, Şekil'de olduğu gibi poliesterin karakteristik pikleri olan  $1715\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C=O gerilim titreşimi),  $1242\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve  $1096\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) piklerin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Ruco-Flam PSY ile çeşitli oranlarda farklı işlemlerden geçmiş poliester kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliester kumaş numunesine ve güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş ait FT-IR analiz eğrisinin konvansiyonel poliester eğrisi ile uyumlu olduğu görülmüştür.



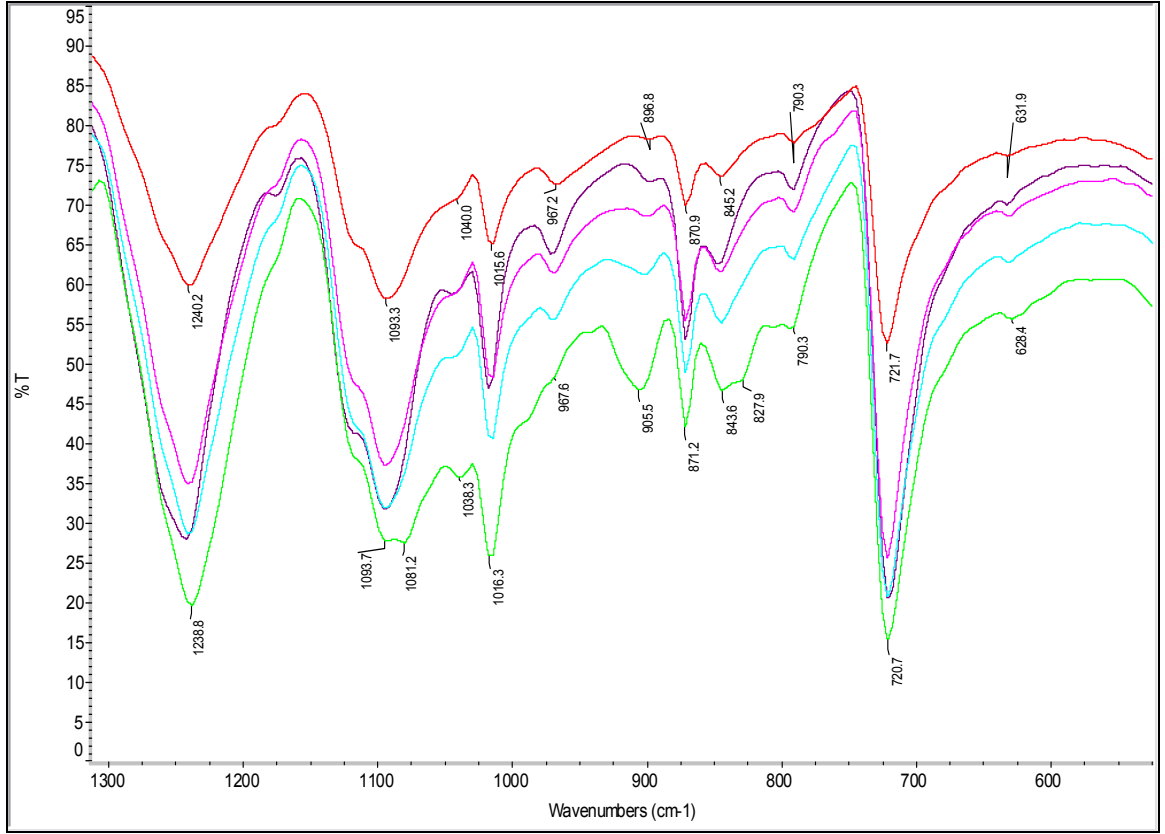
**Şekil 3.33.** Plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın  $2800\text{ cm}^{-1}$  ile  $3600\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri

Şekil 3.33'de 5 çeşit poliester kumaş numunesinin de  $3400\text{ cm}^{-1}$  civarlarında su pikleri,  $2966,5\text{ cm}^{-1}$  ve  $2853,3\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında alifatik grupların bağlandığı

pikler görülmektedir. Güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın su piki  $3428,0 \text{ cm}^{-1}$ 'de görülmektedir ve %T değeri 92 civarındadır. İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın FT-IR analiz eğrisi ise, bu eğrinin hemen altında yer almaktadır ve % T değeri 87 civarındadır. Geçirgenlik yüzdelerindeki bu fark, normal poliester ipliğinin boyalı olmasından dolayı madde miktarındaki artıştan kaynaklandığını düşündürmektedir. İkisi de poliester ipliklerinden üretildiği için karakteristik piklerde ve eğri tarzında bir değişiklik meydana gelmemiştir.

Burada, poliester kumaşa emdirme yöntemiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaya çalışıldıkça ve Ruco-Flam PSY miktarı artıkça su piklerinin belirginleştiği görülmektedir. En belirgin su piki,  $3429,8 \text{ cm}^{-1}$  ile, iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa aittir. İkinci en belirgin su piki ise, bu pikin hemen üzerinde yer alan, iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 60 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa aittir. Ruco-Flam PSY miktarındaki artışla %T değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Bu durum fazlalaşan madde miktarına bağlanmaktadır.





**Şekil 3.34.** Plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş, çeşitli oranlarda Ruco-Flam PSY maddesi ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşlar ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaşın ve normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 525 cm<sup>-1</sup> ile 1300 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı arasındaki FT-IR analizleri

Şekil 3.34’de poliesterin karakteristik pikleri olan 1242 cm<sup>-1</sup> (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve 1096 cm<sup>-1</sup> (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) pikleri belirgin bir şekilde görülmektedir. Burada, güç tutuşur poliester ipliklerden üretilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaşın 1240,2cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın 1238,8 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaptığı görülmüştür. Normal poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir apre işlemi uygulamamış kumaşın ise 1243,1cm<sup>-1</sup> dalga sayısında pik yaptığı yukarıda anlatılan FT-IR analizleri spektrumlarından bilinmektedir.

Yine, herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş  $1093,3\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında pik yaparken, plazma polimerizasyonunda 10 dakika  $\text{O}_2$  gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın  $1093,7\text{ cm}^{-1}$  ve  $1081,2\text{ cm}^{-1}$  dalga sayılarında iki ayrı pik yaptığı görülmüştür. Bu durum aromatik ester O-C-C bağlarında bir zayıflama olduğunu düşündürmektedir.

#### 4. SONUÇ

Günümüzde sanayileşmenin artmasıyla birlikte toplu yerleşim bölgelerinin fazlaşması ve teknolojinin gelişmesi yangın risklerini çoğaltmıştır. Çoğu organik esaslı tekstil ürünlerinin iyi derecede yanma özelliğinin olması, bu ürünlerin en yakınımızda ve yaşamımızın her alanında yaygın olarak bulunması, tekstil ürünlerinin yangınlarda büyük risk faktörü olmasına sebep olmuştur. Ülke ve dünya çapında her yıl binlerce insan ev yangınları yüzünden hayatlarını kaybetmektedirler. Ev tekstiline yönelik olarak kullanılan kumaşlar da bu yangınlarda çok büyük rol oynamaktadır. Dolayısıyla ısı ve alevden koruyucu tekstillerin kullanımını kaçınılmaz olmuştur.

Son yıllarda tekstil sanayinin hem ekonomik, hem de teknolojik yönden hızla gelişmeye başlaması, doğal hammadde olan ipek, yün, pamuk vb. insanların her gün artan ihtiyaçlarını ve taleplerini karşılayamamasından ötürü daha ucuz maliyetli olan suni ve sentetik hammaddeler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle ev tekstiline yönelik olarak kullanılan kumaşlarda sentetik hammadde olarak poliester ipliklerinden üretilmiş kumaşlar sıkça kullanılmaktadır.

Yangın risklerini minimize etmek adına bu yangınlarda büyük rol oynayan ev tekstiline yönelik olarak kullanılan kumaşların ısı ve alevden koruyuculuk özelliklerini geliştirmek üzere güç tutuşur lifler kullanmak veya tekstil materyali üzerine çeşitli güç tutuşurluk işlemleri yapma gerekliliği son dönemlerde yeniden önem kazanmaya başlamıştır. Bu sebeple ısı ve alevden koruyucu tekstil alanında yeni teknolojiler ve teknikler geliştirilmektedir.

Tekstil materyallerine uygulanan çeşitli apre işlemlerinde işletme bazında konvansiyonel yöntem hali hazırda en çok uygulanan yöntemdir. İstenilen etki belirli ölçülerde verilebilmekte fakat bu yöntemde hem kimyasal madde tüketimi hem de atık yükü fazla olmaktadır. Biyolojik olarak bozunabilirliği düşük ve atık yükü fazla olan bu kimyasal maddeler hem çevreye hem de insan sağlığına büyük zarar vermektedir. Çevresel kirliliğin büyük önem arz ettiği günümüz dünyasında atık yükü fazla olan bu yöntem hem dünya kaynakları bakımından sıkıntı yaratırken hem işletmelerde maliyeti

arttırmaktadır. Bütün bu dezavantajları minimuma indirmek amacıyla son dönemlerde tekstil materyallerinin fonksiyonellik kazandırılmasına yönelik olarak çok sayıda proses ve kimyasal madde geliştirilmektedir. Plazma polimerizasyonu yüzey modifikasyon işlemleri geliştirilmekte olan bu proseslere örnek teşkil etmektedir.

Tekstil sanayinde klasik işlemler maliyeti artıran, çevre ve insan sağlığını tehdit eden ve en önemlisi dikkatli çalışılmadığında lifin temel özelliklerini bozma riski olan yöntemlerdir. Plazma işlemi sadece materyalin yüzeyinde etkili olduğu için, lifin temel özelliklerini bozmadan, su gereksinimi olmadan, çok az veya hiç kimyasal kullanmadan tekstil materyallerine fonksiyonellik kazandırabilmektedir. Ayrıca plazma teknolojisi ile yapılan işlemler esnasında herhangi bir kirlenme ve toksik atık açığa çıkmadığı için de son derece ekolojik bir yöntemdir. Plazma teknolojisi, su gereksinimi olmaması, işlemin gaz fazında gerçekleşmesi, kullanılan kimyasal madde miktarının çok az olması, kısa işlem süresi, endüstriyel atığa sebep olmaması, tekstil materyalinin mekanik özelliklerine zarar vermemesi, işlemin sadece lif yüzeyinde etkili olması ve enerji tasarrufu sağlaması gibi avantajları nedeniyle son zamanlarda yaş işlemlere göre önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, tekstilde geniş bir kullanım alanına sahip olan % 100 poliester kumaşlar kullanılmıştır. Ev tekstili içerisinde döşemelik ve perdelik gibi pek çok alanda kullanılan bu poliester kumaşlara güç tutuşurluk özelliği gerekli apre işlemleriyle verilmiş ve kumaşların sergiledikleri güç tutuşurluk davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada, konvansiyonel yöntemin yukarıda bahsedilen dezavantajlarını minimize etmek adına, kullanılan kimyasalın miktarını azaltmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, poliester kumaşların bir kısmı apre işleminden önce oksijen gazıyla plazma polimerizasyonu ile yüzey modifikasyonu işlemine tabi tutulurken, diğer kısmına böyle bir işlem yapılmadan, alkil fosfonat yapıdaki Ruco-Flam PSY adındaki kimyasal ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmıştır. Böylece plazma polimerizasyonu ile kumaşa kazandırılan hidrofilliğin, kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi ve madde alım miktarındaki değişim incelenmiştir. Bunun yanında kullanılan kimyasalın dışında, kaya suyundan elde edilmiş Firetex adında doğal bir malzeme kullanarak poliester kumaşın güç tutuşurluk özelliğine olan etkisi araştırılmıştır. Böylece piyasada geniş çapta

kullanılan Ruco- Flam PSY ile doğal bir ürün olan Firetex'i, yanma şekilleri ve etki dereceleri bakımından karşılaştırma fırsatı bulunmuştur.

Teknik olarak plazma polimerizasyonu yöntemi, kimyasal uygulamada ise emdirme kurutma (pad dry) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca güç tutuşurluk özelliğini genel olarak inceleyebilmek amacıyla güç tutuşur ipliklerden üretilmiş kumaş, apre işlemi ile güç tutuşurluk özelliği kazandırılmış kumaş ve plazma polimerizasyonu ile yüzey modifikasyonu yapıldıktan sonra apre işlemine tabi tutulmuş kumaş, her iki kimyasal madde de göz önünde bulundurularak, karşılaştırma yapılmıştır.

Hazırlanan numunelerin karakterizasyonu aşamasında, uygulanan yöntemlerin kumaş yüzeyleri üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM), yanma özelliklerinin belirlenmesi için ise limit oksijen indeksi (LOI) ve yüzey karakterizasyonunu incelemek amacıyla fourier transform infrared analizi (FT-IR) kullanılmıştır. Uygulanan kimyasalların yıkamaya karşı dayanımları da test edilmiştir.

Yapılan wicking hidrofilite testi sonucu plazma işlemi görememiş kumaşın 300 s sonra ulaştığı sınır 11,3 cm iken, 1 dakika plazma sonucu 13,1 cm, 5 dakika plazma sonucu 14,2 cm, 10 dakika sonucu 16,5 cm olmuştur. Vakum plazma cihazında yapılan ön denemelerde poliester kumaşa en fazla hidrofilleştirilmenin elde edilebilmesine yönelik olarak çok sayıda deneme yapılmış ve sonuçta düşük frekansta LF' te (Low Frekans), 100 Khz 'de, 2 mbar basınçta ve 10 dakika süre ile plazma uygulamasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

LOI testinin sonuçlarına göre en yüksek % LOI değeri 36,3 ile güç tutuşur poliester ipliklerinden üretilmiş ve herhangi bir boya ve apre işlemi uygulanmamış, ham halde kullanılan kumaş numunesine ait olduğu görülmüştür. İkinci en iyi % LOI değeri iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, plazma polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş numunesine ait olduğu belirlenmiştir. Bu iki polister kumaşın % LOI değerleri dolayısıyla kumaşa kazandırdıkları etki birbirine çok yakındır.

Genel olarak tüm kumaşlarda, yapılan plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi madde alımında olumlu etki yaratmış olduğu ve daha az madde miktarında çok etki kazandırdığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi ile sağlanan bu olumlu etki kumaşın yanma davranışına da yansımış ve % LOI değerleri daha yüksek çıkmıştır.

Yapılan tüm işlemlerde işlem çeşitliliği ne olursa olsun madde miktarı arttıkça verilen güç tutuşurluk etkisinin de arttığı görülmüştür.

50 g/L Ruco-Flam PSY firma tarafından tavsiye edilen bir oran değilken, plazma polimerizasyonu ile sağlanan hidrofilleştirme işleminin ardından % LOI değeri, plazma polimerizasyon işlemi uygulanmamış 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşın % LOI değerinden daha yüksek çıkmıştır. Dolayısıyla plazma işlemi kullanılan madde miktarında önemli ölçüde düşüş yaratmıştır. % LOI sonuçlarına göre, kumaşa en azından aynı etkiyi verebilmek için 100 g/ L yerine 50 g/L Ruco-Flam PSY kullanılması yeterli olmuştur.

Firetex'te ise Ruco-Flam PSY maddesine oranla % LOI değerlerinde daha az miktarda artış meydana gelmiştir. Bu durumun Firetex'in yapısal farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Genel olarak yapılan yıkamalar tüm kumaşlarda güç tutuşurluk etkisini azaltmıştır. Dolayısıyla %LOI değerlerinde düşme meydana gelmiştir. Fakat plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi yapıp, 5 kez yıkanan kumaşların % LOI değerleri, plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi yapılmadan, 5 kez yıkanan kumaşların % LOI değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin kumaş yüzeyinde tutunmayı arttırdığı söylenebilmektedir.

Yıkama işlemi sonrası Ruco-Flam PSY'nin üç oranında da LOI değerlerinde ortalama % 11 gibi bir düşüş varken, Firetex'te yıkama sonrası düşüş %3,8 olmuştur. 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaş ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkandıktan sonra % LOI

değeri 19,7'ye düşmüş yani iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin % LOI değeri ile aynı sonucu vermiştir. Aynı şekilde ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş, Firetex ile işlem görmüş kumaş ev tipi yıkama standartlarına göre 5 defa yıkandıktan sonra, % LOI değeri 19,7'ye düşmüş yani ipliği boyalı normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve herhangi bir apre işlemi uygulanmamış kumaş numunesinin % LOI değeri ile aynı sonucu vermiştir. Bu durum 50 g/L Ruco-Flam PSY ve Firetex maddesi plazma işlemi olmadan kullanıldığında, yıkama işlemiyle kumaş üzerinden tamamen uzaklaştığını göstermiştir. 100 g/L ve 60 g/L Ruco-Flam PSY kullanıldığında yıkamadan sonra az miktarda maddenin yinede kumaşta kaldığı, % LOI değerlerinden anlaşılmıştır. Yıkama işleminden sonra en iyi % LOI değerinin yine plazma işlemi ile hidrofilleştirilip, 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa ait olduğu belirlenmiştir. Bu kumaş %25, 6 ile en iyi % LOI değerini vermiştir. Yıkama işleminden sonra da olsa, en iyi güç tutuşurluk etkisinin en yüksek miktarda kullanılan madde ile işlem görmüş kumaşa ait olduğu görülmüştür. 5 yıkamanın 100 g/L Ruco-Flam PSY' yi kumaş üzerinden tamamen atamadığı görülmektedir. Dolayısıyla 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşın yıkama dayanıklılığı, diğerlerine oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca Firetex maddesiyle işlem görmüş kumaşların yanış şekilleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme varlığında veya yokluğunda, Firetex ile işlem görmüş tüm kumaşların ( 6x14 cm) tamamen yanması yaklaşık 210 saniye sürmüştür. Fakat Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşların tamamen yanması (kullanılan madde miktarına ve tüpten geçen oksijen miktarına bağlı olarak değişse de) ortalama 40 saniye sürmüştür. Dolayısıyla Firetex ile işlem görmüş kumaşın tamamen yanması için geçen süre Ruco-Flam PSY maddesiyle işlem görmüş kumaşın tamamen yanması için geçen sürenin yaklaşık 5 katıdır. Firetex ile işlem görmüş kumaşın %LOI değerleri Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa göre düşük olsa da, kumaşlar çok yavaş ve simetrik bir şekilde yanmış ve poliester kumaşların hiç birinde kesinlikle damlama ve erime gözlenmemiştir. Kumaşlarda sadece kömürleşme ve kararma meydana gelmiştir. Piyasada sıkça kullanılan Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşlarda ise erime ve damlama gözlenmiştir.

SEM sonuçlarına göre bütün plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme işlemlerinin kumaşa uygulanan güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerin yapılarına ve oranlarına bağlı olmaksızın bütün kumaş yüzeylerinde belli oranlarda aşındırma meydana getirmiştir. Plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminde en belirgin ve net aşınmanın 10 dakika süre ile yapılan plazma işlemine ait olduğu görülmüştür. Dolayısıyla uygulanan güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerin kumaş yüzeyine tutunmaları daha fazla olmuştur. Bu sebeple bu deney çalışmasında bütün plazma polimerizasyon işlemleri 10 dakika süre ile kumaşa uygulanmıştır.

İpliği boyalı normal poliester ipliklerinden üretilmiş kumaş yüzeyinde kalıntılar görülmekteyken, plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulandıkça bu kalıntıların yok olduğu görülmüştür. Kumaş yüzeyindeki kalıntı miktarının plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme işleminin süresi ile ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, yine plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin aşındırma etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi görmemiş kumaşlarda ise aşınma etkisi görülmemiştir.

Yıkama işlemlerinden sonra kumaş yüzeyindeki kalıntılarda genel olarak bir azalma görülmüştür. Fakat plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işlemi uygulanmış kumaşların yüzeyindeki kalıntı miktarları, plazma işlemi uygulanmamış kumaşlara oranla daha fazladır. İplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş, 50 g/L Ruco-Flam PSY kimyası ile emdirme yöntemine göre güç tutuşurluk apresi uygulanmış kumaşın 5 yıkama ardından yüzeyde madde kalıntılarının neredeyse tamamen yok olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde iplik boyama yapıp normal poliester ipliklerinden dokunmuş ve Firetex maddesi ile işlem görmüş kumaşlarda kalıntıların neredeyse tamamen yok olduğu gözlenmiştir. Bu durum, Firetex ve 50 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşların ev tipi standartlarına uygun olarak yapılan ve 5 kez tekrarlanan yıkama işlemlerine dayanıklı olmadıklarını kanıtlar niteliktedir.

100 g/L ve 60 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşların yüzeyindeki kalıntı miktarları, 50 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşlara oranla daha fazladır.



Dolayısıyla kullanılan madde miktarı arttıkça yüzeydeki kalıntı miktarında da artış gözlenmiştir. Yıkama işlemlerinden sonra da aynı sonuç görülmüştür. 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşın 5 kez yıkanmasının ardından, kumaş yüzeyinde bir miktar kalıntı görülmüştür. Dolayısıyla yıkama işlemlerinden sonra da, kullanılan madde miktarı ile yüzeydeki kalıntı miktarı arasındaki doğru orantı gözlenmiştir.

Yapılan yıkama işlemlerinden sonra da plazma polimerizasyonuna ait kumaş yüzeylerinde aşınmalar görülmüştür.

Firetex'in yapısal farklılığına bağlı olarak yüzeydeki kalıntı miktarının Ruco-Flam PSY' ye göre daha yoğun olduğu görülmüştür. Bu durum iki maddenin de kimyasal yapısının farklı olduğunu gösterir niteliktedir. Fakat yıkama işlemleri ardından 100 g/L ve 60 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşların üzerinde halen kalıntıların olması, Ruco-Flam PSY'nin yıkama dayanımının daha iyi olduğunu kanıtlar ve çıkan % LOI değerlerini destekler niteliktedir.

Plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin aşındırma etkisini kanıtlar nitelikte mikrograflar görüntülenmiştir. SEM mikrograflarından elde edilen bütün görüntüler bu deney çalışmasında var olan beklentilerle ve LOI testi sonuçlarıyla uyumlu çıkmıştır.

FT-IR analiz sonuçlarına göre kullanılan tüm maddelerde ve uygulanan tüm işlemlerde  $1715\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C=O gerilim titreşimi),  $1242\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve  $1096\text{ cm}^{-1}$  (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) piklerin olduğu görülmektedir. Bu üç pik de poliestere ait karakteristik piklerdir. Dolayısıyla Firetex ve Ruco-Flam PSY ile çeşitli işlemlerden geçmiş poliestere kumaş ile herhangi bir apre işlemi yapılmamış poliestere kumaş numunesine ait FT-IR analiz eğrisinin konvansiyonel poliestere eğrisi ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Poliester kumaşa emdirme yöntemiyle güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaya çalışıldıkça, su piklerinin ve karakteristik piklerin belirginleştiği görülmüştür. En belirgin pikler ipliği boyalı normal poliestere ipliklerinden dokunmuş, plazma

polimerizasyonunda 10 dakika O<sub>2</sub> gazı ile hidrofilleştirilmiş ve 100 g/L Ruco-Flam PSY ile işlem görmüş kumaşa aittir. Madde miktarı artıkça %T değerlerindeki azalma, kumaşın daha fazla maddeye bağlandığını göstermiştir. Plazma işlemi uygulanmış kumaşlarda % T değerlerinin azalmış olması, plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme sayesinde kumaşın daha fazla maddeyi aldığını, dolayısıyla daha etkili güç tutuşurluk özelliği kazandığını gösterir niteliktedir. Dolayısıyla madde miktarı artıkça kumaş yüzeyinde kimyasal bağlanmanın artması ve plazma polimerizasyonu ile hidrofilleştirme işleminin madde alım miktarına olumlu etkisi FT-IR analiz eğrilerine de yansımıştır.

Tüm FT-IR analiz spektrumları LOI test sonuçları ve dolaylı olarak SEM mikrograflarıyla uyumlu çıkmıştır.

Yapılan tüm testlerin sonucunda plazma polimerizasyonu ile yapılan hidrofilleştirme işleminin kumaş tarafından alınan madde miktarına, dolayısıyla kumaşa kazandırılan güç tutuşurluk özelliğine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu sayede piyasada çokça bulunan ve konvansiyonel yöntemde sıkça kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerin miktarında azalma sağlanmıştır. Madde miktarındaki çevreye bırakılan atık yük miktarını, işletme maliyetlerini, çevreye ve insana verilen zararları da azaltmış olacaktır. Bütün bu sonuçlarla birlikte plazma teknolojisinin, su gereksinimi olmaması, işlemin gaz fazında gerçekleşmesi, kullanılan kimyasal madde miktarının çok az olması, kısa işlem süresi, endüstriyel atığa sebep olmaması, tekstil materyalinin mekanik özelliklerine zarar vermemesi, işlemin sadece lif yüzeyinde etkili olması ve enerji tasarrufu sağlaması gibi avantajları da kullanılmış olacaktır. Ayrıca doğal malzemelerden üretilmiş olan Firetex'in, yanma hızını önemli ölçüde düşürmesi ve kumaşta sadece kömürleşme meydana getirmesi gibi avantajlarından dolayı, konvansiyonel yöntemde kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı maddelere alternatif bir ürün olabileceği ortaya konulmuştur.

Yapılan bu çalışmayı geliştirmek için, literatürde bahsi geçen yöntemlerle poliester kumaşlara güç tutuşurluk özelliğinin kazandırılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir ve kullanılan yöntemler birbiriyle karşılaştırılabilir. Konvansiyonel yöntemde kullanılan

güç tutuşurluk sağlayıcı maddelerin mikrokapsülasyon tekniği ile kapsüllenip, güç tutuşurluk etkileri ve yıkama dayanımları konvansiyonel yöntemle karşılaştırılabilir. Plazma polimerizasyonu işleminde monomer olarak güç tutuşurluk sağlayıcı madde kullanılarak, etki mekanizmaları araştırılabilir. Etkenlik ve kalıcılık değerlerinin yanı sıra kumaşların konfor özellikleri ve fiziksel değişimleri (mukavemet, yırtılma, boncuklaşma vb.) tespit edilebilir.

**KAYNAKLAR**

AKKÖPRÜ, B., S. ÜN, C. DURUCAN. 2007. Flame Retardant/Antibacterial Bi-Functional Coatings on Textiles. Türkiye. III. International Technical Textiles Congress. İstanbul, 1-2 December 2007, p.300-309

ANDRAE, N.J. 2007. Durable and Environmentally Friendly Flame Retardants for Synthetics. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State for the Degree of Master of Science, p. 1-234

BAYRAMOĞLU, E., M. AKALIN. 2007. Lyocell Karışımlar Üzerine Güç Tutuşurluk İşlemleri. Türkiye. III. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi Bildirisi. İstanbul, 1-2 Aralık 2007 sayfa 323-328

ÇELEBİ, K. 2009. Poliester Örne Kumaşların Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa. s.59-76

CARDOSO, I., J.R. GOMES. 2007. The Application of Microcapsules of PCM in Flame Resistant Non-Woven Materials. Türkiye. III. International Technical Textiles Congress. İstanbul, 1-2 December 2007, p.254-263

ÇOBAN, S. 1995. Tekstil Mamullerinin Yanma Davranışı ve Güç Tutuşurluk Test Yöntemleri, Tekstil ve Konfeksiyon. 2: 135-143

ÇOBAN, S.1999. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri. Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, Ege Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir, s. 180-201

EL-TAHLAWY, K. 2008, Chitosan phosphate: A new way for production of eco-friendly flame-retardant cotton textiles. Journal of the Textile Institute, 99:3, p.185-191

ERKAN, G. 2008. Bazı Antifungal Ajanların Mikrokapsülasyonu ve Tekstil Materyallerine Aplikasyonu. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. s.1-3

GHORANNEVİSS, M., S. SHAHİDİ, B. MOAZZENCHİ, A. ANVARI, A. RASHİDİ, H. HOSSEİNİ. 2008. Influence of Low-Temperature Plasma Conditions on Wicking Properties of PA/PU Knitted Fabric. Journal of Applied Polymer Science. 107: 3702–3706

GİRAUDA, S., S. BOURBİGOTA, M. ROCHERYA. 2002. Microencapsulation of Phosphate: Application to Flame Retarded Coated Cotton. *Polymer Degradation and Stability*. 2:77. p.285-297

GİRAUD, S., S. BOURBİGOT, M. ROCHERY. 2005. Flame Retarded Polyurea with Microencapsulated Ammonium Phosphate for Textile Coating. *Polymer Degradation and Stability*. 88: 106-113

GİRAUD, S., F. SALAÜN, G. BEDEK. 2009. Influence of Chemical Shell Structure on the Thermal Properties of Microcapsules Containing A Flame Retardant Agent. *Polymer Degradation and Stability*. p.1-5

GÖCEK, İ., S. KURŞUN, G. KÜÇÜK. 2007. Tekstil Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları. *Nonwoven Technical Textiles Techonology*. s: 64-69

GÜNSAL, Ç. 2007. Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. s.1-4

HEGEMAN, D. 2007. Nanostructured Textile Surfaces Using Plasma Coatings. Türkiye. III. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi Bildirisi. İstanbul, 1-2 Aralık 2007

HORROCKS, A. R., S. C. ANAND. 2000. Heat and Flame Production. *Handbook of Technical Textiles*, The Textile Institute, Cambridge England. p. 223-263

HORROCKS, A. R., D. PRICE. 2001. *Textiles. Fire Retardant Materials*. Cambridge England. p.128-181

HORROCKS, R., H. EICHHORN, H. SCHWAENKE, N. SAVİLLE, C. THOMAS. 2001. Thermally Resistant Fibers. *High Performans Fibers*. Cambridge England. p.218-304,

HUANG, N.H., Q. ZHANG, C. FAN. 2008. A Mechanistic Study of Flame Retardance of Novel Copolyester Phosphorus Containing Linked Pendant Groups by TG/XPS/direct Py-MS. *Chinese Chemical Letters*.19: 350–354

KALIN, M. B. 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. s: 1-86

KARAHAN, A., N. YAMAN, A. DEMİR, E. ÖZDOĞAN, T. ÖKTEM, N. SEVENETEKİN. 2006. Tekstilde Plazma Teknolojisinin Kullanım Olanakları: Plazma Nedir?. *Tekstil ve Konfeksiyon*. s. 302-309

KILIÇ, B., A. AKŞİT, M. MUTLU. 2007. Surface Modification and Characterization of Cotton and Poliamid Fabrics by Plazma Polimerization of Hexamethyldisilane and Hexamethyldisiloxane. III. International Technical Textiles Congress. İstanbul, 1-2 December 2007, p.163-165

KUTLU, B. 2008. Plazma Teknolojisi Kullanılarak Çeşitli Doğal ve Sentetik Liflerin Buruşmazlık ve Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. s. 1-23

LEHMANN, K. H. 2006. Physical, Chemical and Bio-Chemical Treatment For Surface Functionalisation: Technological And Market Opportunities Of Functional Textiles. Fashion Net Conferenc. Artimino (Prato), 30 March 2006.

MATHEWS, M.C. 2007. Durable and Non-toxic Topical Flame Retardants for Cotton and Cotton Blends. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University for the Degree of Master of Science, p.1-184.

MECİT, D., S. ILGAZ, D. DURAN. 2007. Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları (Bölüm 2). Tekstil ve Konfeksiyon, 3: 154-161.

MOORE, R., 2008. Plasma Surface Functionalization of Textiles. Institute of Nanotechnology . Nanotechnology and Smart Textiles, 19 March 2008.

ÖVEZ, B., M. YÜKSEL. 2002. Parfümlerin Çapraz Bağlı Mikrokapsüllerden Yavaş Salgılanmaları. Araştırma Makalesi, 10:43. s. 26-29.

ÖZDOĞAN, E. 2006. Plazma İşleminin Poliamid 6 Kumaşlarda Adhezyon Özelliğine Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon. 2: 128-133.

SAİHİ, D., I. VROMAN, S.GİRAUD 2006. Microencapsulation of Ammonium Phosphate With a Polyurethane Shell. Part II. Interfacial Polymerization Technique. Reactive & Functional Polymers, 66: 1118–1125.

SCHİNDLER, W.D., P. J. HAUSER. 2004. Flame-Retardant Finishes. Chemical Finishing of Textiles. s. 98-116.

SEVER K., V.ÇEÇEN.,M. SARIKANAT,H.YILDIZ, İ.TAVMAN. 2007. Doğal Lif Takviyeli Polimer Kompozitlerde Lif-Matriks Arayüzey Bağ Kuvvetinin Artırılması İçin Yüzey İşlemleri. III. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi Bildirisi. İstanbul,1-2 Aralık 2007, sayfa 105-116.

TSAFACK, M.J., J. LEVALOİS-GRÜTZMACHER. 2006. Flame Retardancy of Cotton Textiles by Plasma-Induced Graft-Polymerization (PIGP). Surface & Coatings Technology. .201: 2599–2610.

TSAFACK, M.J., J. LEVALOÏS-GRÜTZMACHER. 2006. Plasma-Induced Graft-Polymerization of Flame Retardant Monomers onto PAN Fabrics. *Surface & Coatings Technology*. 200: 3503– 3510

TSAFACK, M.J., J. LEVALOÏS-GRÜTZMACHER. 2007. Towards Multifunctional Surfaces Using The Plasma-Induced Graft-Polymerization (PIGP) Process: Flame and Waterproof Cotton Textiles. *Surface & Coatings Technology*. 201: 5789–5795.

ÜNAL, C., T. ÖKTEM, N. SEVENTEKİN. 2002. Güç Tutuşur Liflerdeki Son Gelişmeler. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 2: 57-62.

VÁZQUEZ, A. S., A. MARTÍN, J. COSTA-FERNANDEZ. 2007. Quantification of Bromine in Flame-Retardant Coatings by Radiofrequency Glow Discharge–Optical Emission Spectrometry. *Anal Bioanal Chem*. 389: 683–690.

WANG, L., H. KANG, S. WANG. 2007. Solubilities, Thermostabilities and Flame Retardance Behaviour of Phosphorus-Containing Flame Retardants and Copolymers. *Fluid Phase Equilibria*. 258: 99–107.

ZHANG, H. 2009. Flame Retardant Review. *Modern Applied Science*. 2:3. p.129-133.

ZHU, F., X.P. CHENG, W. ZHANG. 2009. Estimation of Thermal Performance of Flame Resistant Clothing Fabrics Sheathing A Cylinder with New Model. *Textile Research Journal*. 79:3. p. 205-212.

SHEN, L., D. JİNJİN. 2007. Improvement of Hydrophobic Properties of Silk and Cotton by Hexafluoropropene Plasma Treatment. *Applied Surface Science*. 253: 5051–5055.

VERSCHUREN, J., P. KIEKENS, L. CHRISTOPHER. 2007. Textile-specific Properties that Influence Plasma Treatment, Effect Creation and Effect Characterization; *Textile Research Journal*. 77: 10. p. 727

YAKARTEPE, Z., M., YAKARTEPE. 1998. Genel Tekstil Ansiklopedisi, cilt 3

## ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Bilecik'te doğdu. Orta ve lise eğitimini Bursa'da Bursa Anadolu Lise'sinde tamamladı. 2004 yılında lisans eğitimine Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde başladı. Ayrıca lisans eğitimi süresince Anadolu Üniversitesi Dış Ticaret Bölümünü bitirdi. Bölüm birinciliği ve fakülte üçüncülüğü ile tamamlanan lisans eğitiminin ardından 2008 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılında araştırma görevlisi olarak akademik hayata adım attı. Halen Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.



## TEŞEKKÜR

Öncelikle lisansüstü eğitimim süresince desteğini ve ilgisini eksik etmeyen danışman hocam Doç. Dr. Dilek Kut'a çok teşekkür ederim.

SEM görüntülerini almamda yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Özer Yılmaz'a ve Prof. Dr. Gökay Kaynak' a teşekkür ederim.

FT-IR analizlerinde bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Hasena Mutlu'ya ve Prof. Dr. Necati Beşirli'ye çok teşekkür ederim.

LOI testlerinin yapılmasında yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Bengi Kutlu'ya, Doç. Dr. Aysun Cireli'ye ve Doç. Dr. Merih Sarıışık'a çok teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmada kullanılmak üzere kumaş tedarikinde bana yardımcı olan Berteks firmasına teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelmemi sağlayan, ilgilerini ve desteklerini eksik etmeyen, her zaman güvenlerini hissettiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.