

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

**SeaCell® İÇERİKLİ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK VE  
TERMAL ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**B. Cenkkut GÜLTEKİN**

**DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Mehmet AKALIN**

**Doç. Dr. S. Müge YÜKSELOĞLU**

**İSTANBUL 2011**

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

**SeaCell® İÇERİKLİ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK VE  
TERMAL ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**B. Cenkkut GÜLTEKİN  
(141522820089002)**

**DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Mehmet AKALIN  
Doç. Dr. S. Müge YÜKSELOĞLU**

**İSTANBUL 2011**

# ÖNSÖZ

Tekstil materyalleri yangın ortamında, yangının büyümesinde en etkili faktörlerden biridir. Bu nedenle tekstil materyallerini yanmaya karşı dirençli hale getirmek, yani “güç tutuşurluk” özelliği kazandırılmalıdır.

Doğal yapıları nedeni ile güç tutuşur özelliklere sahip lifler bulunmaktadır. Örneğin yün, doğal lifler içerisinde güç tutuşurluk özelliği en iyi olan liftir. Nomex, Kevlar, gibi lifler de kimyasal yapılarından dolayı güç tutuşan liflerdir. Bu liflerin dışında kalan liflere sonradan güç tutuşurluk özelliği kazandırılmaktadır. Güç tutuşurluk maddeleri, emdirme, çektirme, kaplama ve plazma tekniği gibi yöntemler ile materyale aktarılmaktadır.

Güç tutuşurluk özelliğinin tespitinde Limit Oksijen İndeksi (LOI) değeri kullanılır. Ayrıca Termogravimetrik Analiz (TGA), Diferansiyel Taramalı Kalorimetrik Analizi (DSC) gibi termal analizler ile materyalin ısıya karşı davranışları ölçülür.

Güç tutuşurluk işleminin yeni teknolojilerle uygulanması, alternatif yöntemlerin kullanılması ve en önemlisi bu işlemlerin ekolojik olması gereklidir.

Bu çalışmada ekolojik ve tıbbi tekstil materyali olarak kullanılan %100 SeaCell® ve Pamuk/SeaCell® kumaş karışımlarında, çevre dostu güç tutuşurluk maddeleri emdirme yöntemi ile uygulayarak SeaCell® ve karışımlarında güç tutuşurluk özelliklerinin geliştirilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında sonsuz destek ve yardımını gördüğüm değerli tez danışmanlarım, Sayın Prof.Dr. Mehmet Akalın'a, Sayın Doç.Dr. S.Müge Yükseloğlu'na ve tez izleme jürimde bulunan Sayın Prof.Dr. Yusuf İnanıcı'ya, Sayın Doç. Dr. Münir Taşdemir'e; Kahramanmaraş Kipaş Holding'e; fikirlerini ve bilgilerini paylaşan, materyal temininde, uygulamaların ve testlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Kahramanmaraş Kipaş Holding Yönetim Kurulu Üyesi ve Bozkurt Tekstil Yönetim Kurulu Başkanı Ahmet Öksüz'e; Değerli arkadaşım Mimar Yusuf Birkan'a; Arş. Gör. Onur Atak ve Arş. Gör. Nergis Demirel'e; Tekstil ve Ekolojik Test Araştırma&Geliştirme Merkezine (Ekoteks) LOI ve FTIR test ve analizlerini yapmamı sağlayan teknik müdür Sevim Atmaca'ya ve Ekoteks çalışanlarına, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı İkitelli Küçük ve Orta ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme (KOSGEB) laboratuvarlarında mukavemet testlerini yapmamı sağlayan Şule Alkış'a; tüm yaşamım boyunca manevi desteğini esirgemeyen sevgili annem Teknur Gültekin ve rahmetli babam Teoman Naci Gültekin'e teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
YENİLİK BEYANI.....	vii
SEMBOLLER .....	ix
KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER .....	xi
TABLolar .....	xv
BÖLÜM I.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
I.1. GİRİŞ .....	1
BÖLÜM II.GENEL BİLGİLER.....	3
II.1. GENEL BİLGİLER ve TEORİK YAKLAŞIMLAR .....	3
II.2. TEKSTİL LİFLERİ .....	3
II.2.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması .....	4
II.2.2. Pamuk Lifleri.....	5
II.2.2.1. Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı .....	5
II.2.2.2. Pamuk Lifinin Fiziksel Özellikleri.....	6
II.2.2.3. Pamuk Lifinin Kimyasal Yapısı.....	7
II.2.3. Lyocell Lifleri.....	8
II.2.3.1. Lyocell Lifinin Fiziksel Özellikleri ve Fiziksel Yapısı.....	11
II.2.3.2. Lyocell Lifinin Kimyasal Özellikleri ve Yapısı.....	11
II.2.3.3. Fibrilasyon .....	12
II.2.3.4. Lyocell Lifinin Terbiye İşlemleri.....	13
II.2.4. Alginat Lifleri.....	13
II.2.4.1. Alginat Lifinin Üretim Prosesi.....	15
II.2.5. SeaCell® Lifleri .....	17

<b>II.2.5.1.</b> SeaCell® Üretim Yöntemi.....	20
<b>II.2.5.2.</b> SeaCell® Lifinin Metal Sorpsiyonu.....	21
<b>II.2.5.3.</b> Gümüş ve Çinkonun Anti Bakteriyel Özellikleri.....	21
<b>II.2.5.4.</b> Kinetik Absorbsiyon .....	22
<b>II.2.5.5.</b> SeaCell® active Lifinin Kimyasal Analizi.....	22
<b>II.2.5.6.</b> SeaCell® active Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	23
<b>II.2.5.7.</b> SeaCell® active Lifinin Antimikrobik Özellikleri.....	24
<b>II.2.5.8.</b> SeaCell® active Lifinin AntiBakteriyel Aktivitesinin Kalıcılığı.....	25
<b>II.2.5.9.</b> SeaCell® active Lifler Mantarlara Karşı Etkisi .....	25
<b>II.2.5.10.</b> SeaCell® Lifine Uygulanan Terbiye İşlemleri .....	26
<b>II.3. TEKSTİL LİFLERİNDE GÜÇ TUTUŞURLUK BİTİM İŞLEMLERİ .</b>	<b>27</b>
<b>II.3.1.</b> Yanma Olayı.....	28
<b>II.3.2.</b> Tekstil Materyallerinin Yanması.....	32
<b>II.4. GÜÇ TUTUŞUR TEKSTİL MATERYALİ ELDE ETME</b>	
<b>YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>36</b>
<b>II.4.1.</b> Güç Tutuşurluğa Sahip Yüksek Performanslı Lifler .....	36
<b>II.4.2.</b> Tekstil Materyallerinde Güç Tutuşurluk Mekanizması.....	39
<b>II.4.2.1.</b> Güç Tutuşurluk Maddeleri .....	43
<b>II.4.2.2.</b> Anorganik Güç Tutuşurluk Maddeleri.....	
(Yıkamaya dayanıksız).....	43
<b>II.4.2.3.</b> Fosfor Esaslı Maddeler (Yıkamaya dayanıklı maddeler) .....	46
<b>II.4.2.4.</b> Nanokompozit Güç Tutuşurluk Maddeleri .....	51
<b>II.4.2.5.</b> Sentetik Polimere Lif Çekimi Esnasında Güç Tutuşurluk	
Sağlayan Kimyasalların İlave Edilmesi .....	53
<b>II.5. GÜÇ TUTUŞURLUK BİTİM İŞLEMLERİNDE ÇEVRESEL</b>	
<b>FAKTÖRLER .....</b>	<b>55</b>
<b>II.6. TEKSTİL MATERYALLERİNE GÜÇ TUTUŞUR ÖZELLİK</b>	
<b>KAZANDIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER.....</b>	<b>55</b>
<b>II. 7. GÜÇ TUTUŞURLUK MATERYALLERE UYGULANAN MEKANİK,</b>	
<b>TERMAL TEST VE ANALİZLER .....</b>	<b>57</b>
<b>II.7.1.</b> Limit Oksijen İndeksi (LOI).....	57
<b>II.7.2.</b> Termal Analizler.....	59
<b>II.7.2.1.</b> Termogravimetrik Analiz (TGA).....	59
<b>II.7.2.2.</b> Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) .....	60

II.7.3. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi .....	61
II.7.4. Kopma Mukavemet Testi .....	62
II.8. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	64
<b>BÖLÜM III.DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>69</b>
III.1. AMAÇ .....	69
III.2.KULLANILAN MALZEMELER .....	69
III.2.1. Materyal .....	69
III.2.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	71
III.2.3. Kullanılan Makine ve Cihazlar .....	72
III.3. DENEYSEL ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ .....	73
III.3.1. Ön İşlemler.....	73
III.3.1.1. Haşıl Sökme İşlemi.....	73
III.3.1.2. Ağartma İşlemi .....	73
III.3.2.Boyama İşlemi .....	73
III.3.3. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemi .....	74
III.3.4. Güç Tutuşurluk İşlem Sonrası Ev Tipi Yıkama.....	76
III.3.5. LOI Testi.....	77
III.3.6. Termal Analizler .....	77
III.3.7. Mukavemet Testi .....	77
III.3.8. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi.....	77
<b>BÖLÜM IV. GENEL SONUÇLAR.....</b>	<b>77</b>
IV.1. LOI TEST SONUÇLARI .....	78
IV.2. TERMAL ANALİZLER.....	86
IV.2.1. Termal Gravimetrik Analiz (TGA) .....	86
IV.2.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Analizleri .....	92
IV.3. FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİSİ .....	97
IV.4. MUKAVEMET TEST SONUÇLARI .....	109
<b>BÖLÜM V. SON DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER .....</b>	<b>131</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>139</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>150</b>

# ÖZET

## SeaCell® İÇERİKLİ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu çalışmada, son yıllarda ekolojik ve tıbbi tekstil materyali olarak bilinen SeaCell® active ve SeaCell® Pure liflerinin saf halde ve pamukla karışımı ipliklerden üretilen dokuma kumaşların güç tutuşurluk özellikleri araştırılmıştır. Bu lifler ayrı ayrı olmak üzere %75/25 oranında pamukla karıştırılmış, ayrıca bu iki farklı SeaCell® lifi, pamuk ile %75/12.5/12.5 oranında karışım oluşturularak dokuma kumaş üretilmiştir.

Elyaf olarak temin edilen SeaCell® liflerinden önce iplik ve ardından da dokuma kumaş üretilmiştir. Renklendirme işlemlerinden sonra anorganik fosfor bileşiği ve organofosfor yapısında olan güç tutuşurluk maddeleri, bu oluşturulan kumaşlara uygulanmış ardından yıkamadan önce ve sonraki güç tutuşurluk özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca güç tutuşurluk maddelerinin materyal ile olan kimyasal ilişkisi, materyaldeki mukavemet kayıpları, termal özellikleri araştırılmıştır.

Sunulan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; çalışmanın amacı açıklanmaktadır.

İkinci bölümde; tekstil liflerinin sınıflandırılması, önemi, hakkında genel bilgiler verildi. SeaCell®, Lyocell ve alginat liflerinin üretimi, yanma olayı ve mekanizması, kumaşa güç tutuşurluk özelliği kazandırma yöntemleri, güç tutuşur materyallerin üretimi, tekstil endüstrisinde kullanılan güç tutuşurluk maddeleri, güç tutuşur materyallere uygulanan analiz ve testler anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; uygulamalarda kullanılan yöntemler, maddeler, araçlar ile standartlar verilmektedir.

Dördüncü bölümde; işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşların kopma mukavemet değerleri, Limit Oksijen İndeks, (LOI) değerleri, termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri analizlerinin termogram grafikleri verildi. Materyal ve güç tutuşur madde arasındaki fonksiyonel grupları gösteren FTIR analiz sonuçları tanımlandı.

Beşinci bölümde ise, tez çalışması sonucunda elde edilen veriler ortaya konmuş, tartışılmış ve değerlendirilmiştir.

# **ABSTRACT**

## **IMPROVEMENT OF THE FLAME RETARDANCY AND THERMAL PROPERTIES OF THE SeaCell<sup>®</sup> BLENDED FABRICS**

In the study, the properties of flame retardant of the woven fabrics produced from yarns with pure and their blends with cotton fibres of the SeaCell<sup>®</sup> Active and SeaCell<sup>®</sup> Pure, which is known as ecological and medical textile material, were investigated. The fibres were separately blended with cotton in a ratio of %75/25. The yarns and then woven fabrics were produced by blending the SeaCell<sup>®</sup> active and SeaCell<sup>®</sup> pure with cotton in a ratio of %75/12.5/12.5.

The yarns were produced from SeaCell<sup>®</sup> fibres supplied as a staple fibre, and then the SeaCell<sup>®</sup> blended fabrics were produced from these yarns. After dyeing, the flame retardants which has inorganic phosphorus compound and organophosphorus structure, were applied to the SeaCell<sup>®</sup> blended fabrics, and then the flame retardant properties were determined before and after washing. In addition to that, the thermal properties of the fabrics, the loss of the fabric strength and the relationship of chemical between the flame retardants and the material were investigated.

The thesis consists of five chapters. In the first chapter, the aim of the study was explained.

In the second chapter, the general information was given about classification and importance of the all textile fibres. The production of the SeaCell<sup>®</sup>, Lyocell and alginate, combustion mechanism, improving methods of flame retardant properties of the fabrics, the production of the flame retardants, the flame retardant used in the textile industry, analyzes and tests applied to flame retardant materials were explained.

In the third chapter, methods, flame retardants, the tools, machines and standards used at the experimental studies were shown.

In the fourth chapter, the breaking strength results, Limit Oxygen Index (LOI) values, the thermogram graphics of the Thermogravimetric Analyse (TGA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) of the untreated and treated fabrics were shown. FTIR analyse results were determined the functional groups between the material and flame retardants.

In the fifth chapter, the values obtained from experimental studies were presented, evaluated and discussed.

**July 2011**

**Bekir Cenkut Gültekin**



# YENİLİK BEYANI

## SeaCell® İÇERİKLİ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Lyocell lifi çevre dostu olan, selüloz esaslı rejenere bir lifdir. SeaCell® lif üretimi de, Lyocell lif üretim prosesine deniz yosunu ilave edilmesi ile gerçekleşmektedir. SeaCell® active lifi ise, Lyocell prosesine göre geliştirilmiş ve gümüş ile zenginleştirilmiş antibakteriyel elyaf üretim tekniği olup deriye karşı hassas olması ve yumuşak bir lif olma özelliği taşımaktadır. Genel olarak gümüşün antibakteriyel özellikleri bilinmekte ve saf gümüşün herhangi bir olumsuz etkiye sebep olduğu bilinmemekle birlikte gümüş son yıllarda tekstil pazarında geniş yer bulmuştur.

Bütün bu sonuçlar dahilinde SeaCell® active'ten üretilen kumaşların, kötü kokuları etkisiz hale getirmesi, deri üzerindeki yaraları iyileştirmesi, mükemmel bir temizlik hissi vermesi ve bu lifin antibakteriyel özelliğinden dolayı sağlık sektöründe kullanılması çok uygun olup kullanımının giderek yaygınlaşacağı da düşünülmektedir. Örneğin hastanelerde kullanılan nevresim takımlarında materyallerin hijyenik materyal olması kadar, toplu alan ve yatan hastalar olduğu düşünülürse burada kullanılacak tekstil materyallerinin herhangi bir yangın tehlikesine karşı güç tutuşur materyal özelliği olması ihtiyaç olarak düşünülmelidir.

Bu amaçla bu araştırmada, materyale güç tutuşurluk özelliği kazandırmak için, çevre dostu ve yıkamaya dayanıklı ve yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk maddeleri ile muamelesi yapılarak SeaCell lifinin hem %100 hem de pamuk ile karışımlarında güç tutuşurluluk özellikleri, Limit Oksijen İndeks (LOI) değerleri, Termogravimetrik Analiz (TGA), Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC), materyal ile güç tutuşurluk maddesi arasında meydana gelen bağ yapılarının Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) çekimleri sonucunda 15 yıkamadan sonra da güç tutuşurluk özelliğini koruduğu tesbit edilmiştir.

Kumaşlara yapılan analiz ve testler sonucunda tüm güç tutuşurluk maddeleri ile **güç tutuşurluk özellikleri % 25-30 arasında geliştirilmiştir.**

**Yıkamaya dayanıksız inorganik fosfor katkılı sinerjik yapıda Pekoflam HSD liq (Clariant)** güç tutuşurluk maddesi uygulandığında, %100 SeaCell® active ve %100 SeaCell® pure kumaşlarda en yüksek LOI değeri %32 olarak tespit edilmiştir. Yıkama sonrası ise kumaşlar güç tutuşurluk özelliğini kaybetmiştir.

**Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen Pyrovatex CP (Huntsman) ve New Ruco- Flam PCE-T (Rudolf Duraner)** güç tutuşurluk maddeleri %100 SeaCell® ve pamuk/SeaCell® karışımlarına uygulandığında LOI değeri % 26-28 arasında elde edilmiştir.

**Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen (Pyrovatex CP (Hunstman) ve New Ruco- Flam PCE-T (Rudolf Duraner)** güç tutuşurluk maddeleri %100 SeaCell® ve pamuk/SeaCell® karışımlarına uygulandığında 25 yıkama sonunda güç tutuşurluk özelliklerini sürdürdüğü görülmüştür.

Bu anlamda bu çalışma %100 SeaCell® ve pamuk/SeaCell karışımlarının **güç tutuşurluk ve termal özelliklerinin ilk defa geliştirilmiş** olmasıyla literatüre ve uygulamaya katkı sağlayacağı kanaatini taşımaktayım.

Temmuz 2011

**Prof. Dr. Mehmet AKALIN**

**Bekir Cenkkut GÜLTEKİN**

**Doç. Dr. S. Müge YÜKSELOĞLU**

# SEMBOLLER

<b>CO</b>	: Karbon monoksit
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürt dioksit
<b>H<sub>2</sub>S</b>	: Hidrojen Sülfür
<b>C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O</b>	: Akralin (Akrilik Aldehit)
<b>HCN</b>	: Hidrojen Siyanür
<b>Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	: Antimon pentaoksit
<b>Al(OH)<sub>3</sub></b>	:Alüminyum hidroksit
<b>Mg(OH)<sub>2</sub></b>	: Magnezyum hidroksit
<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	:Boroksit
<b>BN</b>	:Bor nitrür
<b>TiB<sub>2</sub></b>	:Titanyum diborür

# KISALTMALAR

<b>NMMO</b>	: N-metil-morfolin-N-oksit
<b>PVC</b>	: Polivinilklorür
<b>T<sub>g</sub></b>	:Camsı geçiş sıcaklığı
<b>T<sub>m</sub></b>	:Erime Sıcaklığı
<b>T<sub>p</sub></b>	:Piroliz Sıcaklığı
<b>T<sub>c</sub></b>	:Yanma Sıcaklığı
<b>LOI</b>	:Limit Oksijen İndeksi
<b>PPTA</b>	:Polipropilen Tereftalamid
<b>PBZT</b>	:Poli(p-fenilen-2,6-benzobistiazol)
<b>PBO</b>	:Poli(p-fenilen-2,6-benzobisoksazol)
<b>PBI</b>	:Polibenzimidazol
<b>PIPD</b>	:Polipiridobisimidazol
<b>PPS</b>	:Polifenilensülfid
<b>PTFE</b>	:Politetrafluoroetilen
<b>THPC</b>	:Hidroksimetilfosforyumklor
<b>THPS</b>	:Hidroksimetilfosfinsülfat
<b>THPOH</b>	:Hidroksimetil Fosforyum Hidroksit
<b>GC</b>	:Guanidin Karbonat
<b>UR</b>	:Üre
<b>MF</b>	:Melamin Formaldehit
<b>TAP</b>	:Trietil Fosforamid
<b>DMDHEU</b>	:Dimetiloldihidroksietilenüre
<b>TMM</b>	:Trimetilolmelamin
<b>HFPO</b>	:Hidroksi-Fonksiyonel Organofosfor Oligomeri
<b>MDPA</b>	: N-Metilol Dimetilfosfonopropionamid
<b>CFU</b>	: Colony Farming Unit
<b>DSM</b>	: Deutsche Städte Medien
<b>BDE</b>	: Bromdifenileter
<b>TCPP</b>	:Trisklorpropil

# ŞEKİLLER

	SAYFA
Şekil II.1 Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı .....	6
Şekil II.2 Pamuk Lifinin Boyuna Görünümü .....	6
Şekil II.3 Pamuk Lifinin Enine Kesiti .....	6
Şekil II.4 $\beta$ - Glikoz Molekülünün Yapısı .....	7
Şekil II.5 Sellobiozun Yapısı.....	7
Şekil II.6 Selülozun Formülü.....	8
Şekil II.7 Lyocell Lif Üretimi.....	10
Şekil II.8 Lyocell Lifinin Boyuna Görünümü .....	11
Şekil II.9 Lyocell Lifinin Enine Kesiti .....	11
Şekil II.10 Lyocell Lifinin Kimyasal Yapısı .....	12
Şekil II.11 İplik ve Lif Fibrillasyonun Oluşumu .....	12
Şekil II.12 $\alpha$ -L –Guluronik Asit .....	14
Şekil II.13 $\beta$ - D-Mannuronik Asit .....	14
Şekil II.14 Alginat Lifinin Kimyasal Yapısı .....	14
Şekil II.15 Alginat Lifinin Üretimi.....	15
Şekil II.16 Alginat Lifinin Kimyasal Yapısı .....	15
Şekil II.17 Alginat Lifinin Enine Kesiti ve Boyuna Görünümü.....	16
Şekil II.18 SeaCell® active'in Mikroba Karşı Etkisi .....	19
Şekil II.19 SeaCell® Lif Üretimi.....	20
Şekil II.20 Gümüşün Absorpsiyonu .....	22
Şekil II.21 SeaCell® active Lifindeki Gümüşün Dağılımı.....	23
Şekil II.22 SeaCell® active Lifinin Enine Kesiti .....	24
Şekil II.23 SeaCell® active Lifinin Boyuna Görünümü .....	24
Şekil II.24 SeaCell® active'in Yıkama Sonrasındaki Antibakteriyel Etkisi.....	25
Şekil II.25 SeaCell® active'in Mantara Karşı Etkisi.....	26
Şekil II.26 Yanmanın Geri Dönüşüm Mekanizması .....	34
Şekil II.27 Selülozun Isıl Bozunması .....	35
Şekil II.28 Selülozun Isıl Bozunmasında Meydana Gelen Levoglukosan .....	35
Şekil II.29 Buhar Faz Mekanizmasını .....	40

<b>Şekil II.30</b> Fosfor Esaslı Güç Tutuşurluk Maddesinin Selüloz ile Çapraz Oluşumu .....	41
<b>Şekil II.31</b> İdeal ve Zayıf Kömür Yapısı .....	42
<b>Şekil II.32</b> Borik Asidin Dehidrasyon .....	42
<b>Şekil II.33</b> Diamonyumfosfat .....	44
<b>Şekil II.34</b> Amonyumfosfat .....	44
<b>Şekil II.35</b> Halojen Esaslı Güç Tutuşurluk Maddelerde Radikal Reaksiyonu .....	46
<b>Şekil II.36</b> HidroksimetilFosfonyumKlorür (THPC) .....	48
<b>Şekil II.37</b> HidroksimetilFosfonyumKlorür Katalizi.....	48
<b>Şekil II.38</b> THPC-Üre Yoğunlaşması.....	48
<b>Şekil II.39</b> Pyrovatex CP'nin Kimyasal Yapısı.....	49
<b>Şekil II.40</b> Pyrovatex CP'nin Selülozla Reaksiyonu.....	50
<b>Şekil II.41</b> Fyrol 76'nın Kimyasal Yapısı .....	50
<b>Şekil II.42</b> Nanokompozit Formları: Araya Ekleme ve Pul Pul Dökülme .....	51
<b>Şekil II.43</b> Tekstil Materyallerine Güç Tutuşur Özellik Kazandırılmasında Kullanılan Yöntemler .....	55
<b>Şekil II.44</b> LOI Test Cihazı .....	58
<b>Şekil II.45</b> LOI Test Cihazındaki Numune Tutucu .....	58
<b>Şekil II.46</b> Termogravimetrik analiz (TGA) Test Cihazı .....	60
<b>Şekil II.47</b> Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) .....	60
<b>Şekil II.48</b> Molekül Geometrisine Bağlı Bağların Titreşim Hareketleri .....	61
<b>Şekil II.49</b> Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi.....	62
<b>Şekil II.50</b> Kopma Mukavemeti Test Cihazı .....	63
<b>Şekil III.1</b> Boyama Diyagramı .....	74
<b>Şekil III.2</b> Thies Marka Boyama makinesi.....	74
<b>Şekil III.3</b> Monforts Ram Makinesi .....	75
<b>Şekil III.4</b> Güç Tutuşurluk İşleminde Sonra Yapılan Yıkama İşlemi Adımları.....	76
<b>Şekil III.5</b> Küsters Açık En Yıkama Makinesi.....	76
<b>Şekil IV.1</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri.....	78
<b>Şekil IV.2</b> % 100 SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri .....	80
<b>Şekil IV.3</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri.....	81
<b>Şekil IV.4</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri.....	83
<b>Şekil IV.5</b> %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri .....	85

<b>Şekil IV.6</b> % 100 SeaCell® active Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı .....	87
<b>Şekil IV.7</b> % 100 SeaCell® pure Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı .....	88
<b>Şekil IV.8</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı .....	89
<b>Şekil IV.9</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşın ve Uygulana Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı .....	90
<b>Şekil IV.10</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı.....	91
<b>Şekil IV.11</b> Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış % 100 Seacell® active Kumaşların DSC Temogramları .....	92
<b>Şekil IV.12</b> Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış % 100 Seacell® pure Kumaşların DSC Temogramları .....	93
<b>Şekil IV.13</b> Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşların DSC Temogramları.....	94
<b>Şekil IV.14</b> Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşların DSC Temogramları.....	95
<b>Şekil IV.15</b> Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşların DSC Temogramları .....	96
<b>Şekil IV.16</b> Ham Kumaşların FTIR Spektrumu .....	98
<b>Şekil IV.17</b> %100 SeaCell® active Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu..	100
<b>Şekil IV.18</b> %100 SeaCell® pure kumaşa uygulanan işlemlere göre FTIR spektrumu.....	102
<b>Şekil IV.19</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu.....	104
<b>Şekil IV.20</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu.....	106
<b>Şekil IV.21</b> %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu .....	108
<b>Şekil IV.22</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği.....	110
<b>Şekil IV.23</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği .....	111
<b>Şekil IV.24</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Çözümlü Kopma Mukavemet Grafiği .....	112
<b>Şekil IV.25</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Çözümlü Kopma Uzama Grafiği .....	113
<b>Şekil IV.26</b> %100 SeaCell® pure Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği .....	114

<b>Şekil IV.27</b> %100 SeaCell®pure Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği.....	115
<b>Şekil IV.28</b> %100 SeaCell®pure Kumaşın Çözgü Kopma Mukavemeti Grafiği.....	116
<b>Şekil IV.29</b> %100 SeaCell®pure Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği.....	117
<b>Şekil IV.30</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği.....	119
<b>Şekil IV.31</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği .....	120
<b>Şekil IV.32</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Mukavemet Grafiği.....	121
<b>Şekil IV.33</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği .....	122
<b>Şekil IV.34</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell®pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği.....	123
<b>Şekil IV.35</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell®pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği	124
<b>Şekil IV.36</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell®pure Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Mukavemet Grafiği.....	125
<b>Şekil IV.37</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell®pure Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği .....	126
<b>Şekil IV.38</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®pure/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği.....	127
<b>Şekil IV.39</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/ SeaCell®pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği.....	128
<b>Şekil IV.40</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®pure/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Mukavemet Grafiği.....	129
<b>Şekil IV.41</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/ SeaCell® active /SeaCell®pure Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği.....	130



# TABLolar

	SAYFA
<b>Tablo II.1</b> Tekstil Liflerin Sınıflandırılması.....	5
<b>Tablo II.2</b> Pamuk Lifinin Kimyasal Bileşimi.....	7
<b>Tablo II.3</b> Lyocell Lifinin Gelişimi.....	9
<b>Tablo II.4</b> Antibakteriyal Lifler ve İplikler.....	18
<b>Tablo II.5</b> SeaCell® active, SeaCell® pure ve Lyocell Lifinin İçinde Bulundurduğu Mineraller .....	23
<b>Tablo II.6</b> SeaCell® active, SeaCell® pure (Doğal) Lyocell, Alginat, Pamuk, Poliester Liflerinin Fiziksel Özellikleri .....	24
<b>Tablo II.7</b> Bazı tekstil liflerinin cam geçiş ( $T_g$ ), erime ( $T_m$ ), Piroliz ( $T_p$ ) sıcaklıkları ( $T_c$ ) Sıcaklıkları ve Limit Oksijen İndeksleri ( % LOI ) .....	33
<b>Tablo II.8</b> Bazı Güç Tutuşurluk Maddeleri ve Kullanıldıkları Lifler .....	43
<b>Tablo II.9</b> Bazı Liflerin % LOI Değerleri .....	57
<b>Tablo III.1</b> Kullanılan Kumaşların Üretim Özellikleri .....	70
<b>Tablo III.2</b> Ham Kumaşların Kodlaması .....	70
<b>Tablo III.3</b> Güç Tutuşurluk ve Yıkama İşlemi Uygulanmış Kumaşların Kodlaması .....	71
<b>Tablo III.4</b> Kullanılan Güç Tutuşurluk Maddeleri ve İçerikleri .....	72
<b>Tablo IV.1</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri .....	78
<b>Tablo IV.2</b> % 100 SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri.....	79
<b>Tablo IV.3</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri .....	81
<b>Tablo IV.4</b> %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri.....	82
<b>Tablo IV.5</b> %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri .....	84
<b>Tablo IV.6</b> %100 SeaCell® active Kumaşın Atk1, Çözgü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri.....	109
<b>Tablo IV.7</b> %100 SeaCell® pure Kumaşın Atk1, Çözgü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri.....	114
<b>Tablo IV.8</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım1ı Kumaşın Atk1, Çözgü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri .....	118

<b>Tablo IV.9</b> % 75/25 Pamuk/SeaCell®pure Karışımli Karışımli Kumaşın Atkı, Çözüü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri .....	123
<b>Tablo IV.10</b> % 75/12.5/12.5 Pamuk/ SeaCell®active /SeaCell®pure Karışım Kumaşın Atkı, Çözüü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri.....	127

# BÖLÜM I

## GİRİŞ VE AMAÇ

### I.1. GİRİŞ

Tekstil kullanıcıları için çevreye zarar vermeyen ve geri dönüşümü mümkün olan lifler ve çevre dostu kimyasal madde kullanımı giderek önem kazanmaya başlamıştır. Bu liflerden birisi doğal ürün olan SeaCell® lifleridir. Üreticisi Zimmer AG firmasının (Almanya) yan kuruluşu olan SeaCell® GmbH firması Lyocell prosesini kullanarak SeaCell® ticari ismi ile günümüzde deniz yosunu liflerini üretmektedir. Yeni bir lif olan SeaCell® active lifleri, antimikrobik etkiye sahip ilk selülozik Lyocell lifi olması yanında hem antibakteriyel hemde mantara karşı etki göstermektedir. SeaCell® active'in bu özellikleri aynı zamanda kalıcıdır, birçok yıkamadan sonra dahi, aynı etkiyi gösterebilmektedir. Selülozik liflerin giyim konforu gibi genel özellikleri SeaCell® active liflerinde de değişmeden muhafaza edilmektedir. Mükemmel fiziksel özellikleri gümüşün katılmasından etkilenmez ve antibakteriyel efekt sayesinde bu life olan talep gittikçe artmaktadır.

SeaCell® active liflerinden üretilen tekstillerin evrensel kullanım alanı bulabileceğinden söz etmek mümkündür; zira %100 SeaCell® active ve karışımlarının antibakteriyel etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu düşünce ile, SeaCell® active lifleri iş kıyafetlerinden, spor kıyafetlerine, bebek giysilerinden iç çamaşırına, ev tekstilinden medikal tekstillere kadar pek çok alanda kullanılabilir.

Şeker hastalarının ayaklarında oluşan yaraların tedavisinde yardımcı olmak için iyileştirici özelliği olan çorapların üretiminde bu liflerin yer aldığı örnek olarak, verilebilir. %100 SeaCell® active ve karışımlarının antibakteriyel özelliğinden dolayı sağlık sektöründe kullanılması çok uygun olup bunun giderek yaygınlaşacağı da düşünülmektedir[1]. Örneğin hastanelerde kullanılan nevresim takımlarında materyallerin hijenik materyal olması kadar, toplu alan ve yatan hastalar olduğu düşünülürse burada kullanılacak tekstil materyallerin herhangi bir yangın tehlikesine karşı güç tutuşur materyal olması zaruri olarak düşünülmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada % 100 SeaCell® active ve pure lifler ile bu liflerin pamuk karışımlarına

Çektirme yöntemine göre, evre dostu güç tutuşurluk maddeleri (organofosfor içerikli ve anorganik fosfat içerikli maddeler) uygulanmış ve güç tutuşurluk özellikleri geliştirilmiştir.

Hazırlanan kumaş gruplarının karakterizasyonu aşamasında; termal özelliklerinin belirlenmesi için Termogravimetrik Analiz (TGA), Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC), güç tutuşurluk özelliklerinin belirlenmesi için ise Limit Oksijen İndeksi (LOI) kullanılmıştır. Kimyasal uygulama sonucunda ürünün mukavemet kayıpların belirlenmesi için kumaş mukavemet testi ve uygulanan güç tutuşurluk maddesinin materyal ile meydana gelen etkileşimini tespit edebilmek için ise Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) analizleri yapılmıştır.

## BÖLÜM II

### GENEL BİLGİLER

#### II.1. GENEL BİLGİLER ve TEORİK YAKLAŞIMLAR

İlk bölümde bu çalışmada kullanılan tekstil lifleri hakkında genel bilgilere yer verilmektedir. Daha sonra SeaCell lifinin üretimi, özellikleri, kullanım alanları hakkında teorik yaklaşımlara yer verilecektir. Ayrıca SeaCell liflerinin güç tutuşurluk özelliklerini arttırmayı amaçlayan bu çalışmaya temel oluşturmak üzere güç tutuşurluğun tanımı, kullanılan maddeler, güç tutuşurluk mekanizmaları ve tekstildeki uygulama yöntemleri belirtilmektedir.

#### II.2. TEKSTİL LİFLERİ

Tekstil hammaddesi olan elyaf terimi, lif kelimesinin çoğulu olup gerilebilme ve kopma mukavemeti ile bükülebilme ve birbiri üzerine tutunma yeteneği olan ve boyu enine göre çok uzun, renkli ve renksiz materyaller için kullanılır[2].

Yaklaşık 135.000 yıl önce ilk giyim ve örtünme için hayvan postları kullanılmaktaydı. Daha sonraları ise çeşitli doğal bitkilerden elde edilen lifler kullanılmaya başlanmıştır. Yıllar geçtikçe dünya nüfusunun ve yaşam kalitesinin artması, tüketim ve tekstillere olan istekleri arttırmıştır. Buna bağlı olarak da nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için sentetik lifler 1665 yılında İngiliz Robert Hooke tarafından viskoz materyalinden yapay lif fikrini ortaya atmıştır. 1845 yılında ise Christian Friedrich Schönbein trinitroselülozu alkol ve eter içinde çözündürerek kollodyum ürününü elde etmiştir. 1855 yılında İsviçreli kimyacı Georges Audemars bu çözeltilerden ilk sentetik lifi üretmiştir. Bu çalışmalara temel alarak, Count Hilaire de Chardonnet 1878-1884 yılları arasında çözündürülmüş dinitroselülozdan yapay ipek olarak bilinen ilk yarı sentetik lif rayonu elde etmiştir. 1890'larda 3.5 mm uzunluğundaki pamuk linterlerinden elde edilen selülozu bakır oksit amonyum içinde çözündürerek bakır viskoz üretilmiştir.

1865 yılında ilk defa selüloz triasetat ve 1885 yılında da viskoz üretimi alkali selüloza karbon sülfür (CS<sub>2</sub>) ilave edilerek **selüloz ksantat ve daha sonrada** seyreltik sodyum hidroksit ilavesi ile de **ham viskoz** çözeltilisine dönüştürülmüş ve

yaş eğirme yöntemi ile viskoz filamentleri elde edilmiş ve daha sonra bu materyal asetat ipeği olarak endüstriyel üretimini gerçekleştirmiştir.

Sentetik lifler de, Poliamid 66 Nylon ticari adıyla 1935'te, Poliamid 6'da 1938'de Perlon ticari adıyla, Poliester 1941'de, Poliakrilonitril 1942'de ve Elastan 1958'de üretilmiştir. II. dünya savaşından sonra ise sentetik liflerdeki gelişmeler sürekli devam etmiştir[3].

Buna karşılık günümüzde tekstil üretici ve kullanıcıları için çevreye zarar vermeyen ve geri dönüşümü mümkün olan liflerin kullanımı giderek önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle doğal hammaddelerden ekolojik yöntemlerle üretilen Lyocell, Tencel, soya, bambu, SeaCell®, sisal, keten, muz, ramî, organik pamuk, organik ipek, hindistan cevizi gibi lifler ekolojik lifler olarak bilinmektedir. Ekolojik lifler antimikrobiyel, antibakteriyel ve küflenmeye karşı dayanıklı olabilecek özellikte üretilmesi, sentetik liflerden daha iyi absorplama yeteneğinin olması, zararlı kimyasal madde içermemesi, yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi sentetik liflerle karşılaştırıldığında ekolojik ve avantajlı yanlarının olduğu görülmektedir [4-6].

### II.2.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması

**Doğal lifler**, doğada lif olarak oluşan ve tekstilde kullanılabilen her tür materyal bu sınıfa girer. Bitkisel, hayvansal ve anorganik lifler olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

**Doğal polimerlerden elde edilen yapay lifler:** doğal polimerlerden (kağıt, odun, linter, bitkisel veya hayvansal kökenli proteinler, bir tür deniz yosunu olan algler, kauçuk) veya sentetik polimerlerden (petrol yan ürünü) bir takım kimyasal ve fiziksel yöntemlerle; filament halde elde edilen tekstil ham maddeleridir.

Yapımında başlangıç maddesi olarak doğal hammadde (selüloz ve protein gibi) kullanılan, kimyasal işlemlerle esas molekül yapısı bozulmadan elde edilen liflere **rejenere lif** denir.

**Sentetik polimerlerden elde edilen yapay lifler** ise petrol yan ürünü ham maddesi olan, sentez yoluyla üretilen polimerlerden kimyasal lif çekim yöntemleri kullanılarak elde edilen liflerdir [2].

Tekstil lifleri, materyalin elde edildiği kaynak göz önüne alınarak tablo II.1'deki gibi sınıflandırılabilir.

**Tablo II.1 Tekstil Liflerin Sınıflandırılması**



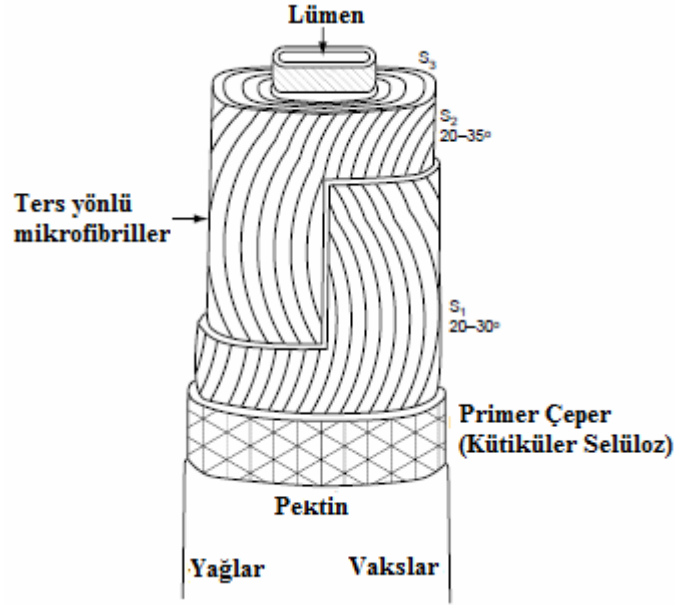
### II.2.2. Pamuk Lifleri

Pamuk lifi, botanikte “Gossypium” ailesinden olan pamuk bitkisinin tohumundan elde edilen selülozik bir elyaftır[7]. Ticari olarak pamuk lifi lif uzunluğuna göre sınıflandırılır. Ortalama lif uzunlukları 25-60 mm olan pamuk, yüksek kaliteli pamuktur. Bu uzunluktaki pamuk Mısır, Sudan, pamuklarıdır. İkinci tip pamuk, lif uzunlukları 13-33 mm uzunluğuna sahip Amerika’da yetiştirilen pamuktur. 9-25 mm uzunluğa sahip olan pamuk ise yaygın olarak Asya ülkelerinde yetiştirilir. En büyük pamuk üreticileri Amerika, Çin, Hindistan, Pakistan olup bu ülkeleri takip eden ülkeler ise Meksika, Türkiye, Brezilya, Mısır ve Sudan’ dır [8].

#### II.2.2.1. Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı

Pamuk lifi, içinde protoplazma sıvısı ile dolu olan ince duvarlı bir bitki hücresidir. Bu sıvı beslenmeyi sağlar. Hücrenin en dışında “kütikül” olarak adlandırılan yağ ve vakslardan oluşmuş ince bir tabaka vardır. Bunun hemen altında, selülozdan yapılmış, fibrillerden oluşan “primer duvar” bulunur (kalınlığı 200nm). Daha sonra, merkeze doğru lifin bütün kütesini oluşturan, selülozdan yapılmış “sekonder duvar” yer almaktadır. Sekonder duvar, lifin olgunlaşması sırasında her gün bir tabaka olmak üzere selüloz ile örtülür. Bu süre 20-24 günde tamamlanır. Lifi enine kesitinin mikroskop altında incelenmesi sırasında bu günlük büyüme

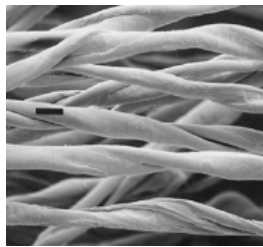
halkaları kolayca görülmektedir. Bu duvar üç bölgeden yapılmıştır. En dıştaki tabakadan fibriller, eksene 20-30°'lik açı ile sarmal yapı gösterirler. İkinci bölgedeki fibriller yine aynı açılarla, fakat diğer bölgenin tersi yönünde yerleşiktir. Sekonder duvarın üçüncü bölgesini de içi protoplazma sıvısı ile dolu olan ‐lumen‐ oluşturur [7].



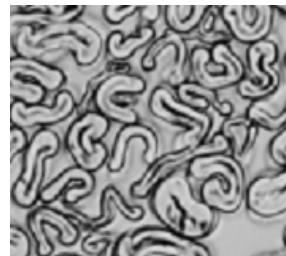
**Şekil II.1** Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı [9].

#### II.2.2.2. Pamuk Lifinin Fiziksel Özellikleri

Liflerin enine kesiti fasulye şeklindedir. Boyuna görünümü ise boğumlu bir görünüme sahiptir. Yaklaşık 22-53 cN/tex' lik kuru mukavemete sahip pamuk lifi ıslak halde ise mukavemeti yalnız %15 artarak 25-70 cN/tex' lik bir değere sahiptir. Standart nem oranı %8.5'tir. Yoğunluğu ise 1.5-1.55 g/cm<sup>3</sup> olan pamuk lifinin limit oksijen indeksi ise %18-20'dir[7,8]. Şekil II.2 ve Şekil II.3'te pamuğun boyuna ve enine görünümü görülmektedir.



**Şekil II.2** Pamuk Lifinin Boyuna Görünümü[8].



**Şekil II.3** Pamuk Lifinin Enine Kesiti [8].



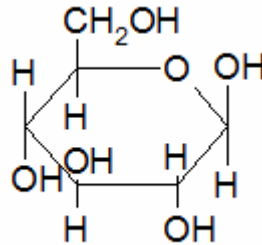
### II.2.2.3. Pamuk Lifinin Kimyasal Yapısı

Pamuk lifinin %94'ü selülozdan meydana gelir. Sellülozun dışında protein, vaks, pektin, renk vericiler gibi maddeler içerir. Tablo II.2'de pamuk lifinin kimyasal bileşimi görülmektedir.

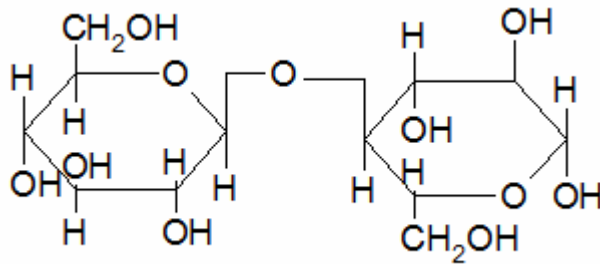
**Tablo II.2** Pamuk Lifinin Kimyasal Bileşimi [8].

Bileşen	% Kuru Ağırlık Oranı	
	Bütün lif	Primer (Birincil Duvar)
Selüloz	94.0	54.0
Protein (% N x 6.25)	1.3	14.0
Pektin	1.2	9.0
Vaks	0.6	8.0
Kül	1.2	3.0
Diğer maddeler	1.7	12.0

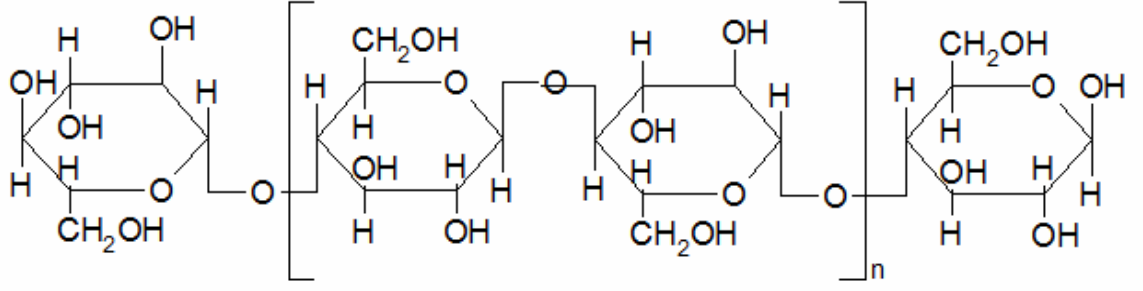
Selüloz,  $\beta$ -glikoz'un (şekil II.4) çok sayıda birleşmesi sonucu meydana gelir. Amprik formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$  (şekil II.6) olup açık formülde  $-CH_2OH$  ve  $-CHOH$  grupları dolayısıyla OH grubu içerir. 2 adet  $\beta$ -glikoz'un birleşmesi sırasında bir molekül su ayrılmasıyla 1 adet sellobioz (şekil II.5) oluşturur, yani en küçük birim  $\beta$ -glikoz anhidrididir [2].



**Şekil II.4**  $\beta$ - Glikoz Molekülünün Yapısı [2]



**Şekil II.5** Sellobiozun Yapısı [2].



**Şekil II.6.** Selülozun Formülü [2]

Pamuk çeşitli kimyasallara karşı farklı özellikler gösterir. Pamuk hem soğukta hem de sıcakta karbonat ve alkalın hidratlara karşı dirençlidir. Buna karşın mineral ve derişik asitlerin soğuk çözeltilerinde yapısal bozunmaya uğrar. Zayıf yükseltgen maddeler yalnızca pamuk lifinin selülozik olmayan bileşenlerine etki ederken güçlü yükseltgen maddeler ise selülozu bozar. İndirgen maddelere karşı ise tepki vermez.

### II.2.3. Lyocell Lifleri

Dünyada tekstil ürünlerine olan ihtiyaca bağlı olarak 2000’li yıllarda poliester tüketiminin daha önceki yıllarda olduğu gibi artış göstereceği ve pamuk tüketiminin de aynı şekilde artacağı tahmin edilmekte idi; ve böyle de oldu Ancak bununla birlikte özellikle rejenere selüloz liflerinin çok büyük bir pazar potansiyeli bulunmaktadır. Rejenere selüloz lifleri, pamuk lifine alternatif olarak doğal selüloz kaynaklı ürünlerden üretilmektedir.

Lyocell lifleri, büyük viskon lif üretici firmalarının yıllarca süren araştırma ve geliştirme çalışmalarının sonucunda oluşturulmuş ve rejenere selüloz liflerinin üçüncü jenerasyonu şeklinde ortaya çıkmışlardır. Normal viskon lifleri birinci, modal lifler ikinci, Lyocell lifler ise rejenere selüloz liflerinin üçüncü nesil temsilcileri olarak kabul edilmektedir.

Piyasada bulunan Lyocell lifleri üretildikleri firmalara göre değişik isimler alabilmektedir. Lenzing firması tarafından üretilen lifler **Lenzing–Lyocell** lifleri, Courtaulds firması tarafından üretilen lifler ise **Tencel** adını almaktadır.

Lenzing AG (Lenzing-Avusturya) tarafından da Akzo patenti ile Lenzing – Lyocell lifleri geliştirilmiştir[10-13].

Lyocell lifi aslında çok yönlü kullanım alanları olan rejenere selüloz liflerinin gelişmiş bir türüdür (tablo II.3). Bu lifler değişik özelliklerden dolayı giysi, ev tekstilleri, teknik tekstiller gibi geniş bir alanda rahatlıkla kullanılmakta olup diğer

tekstil liflerine nazaran %100'e varan geri dönüş oranlarına sahiptir. Bu nedenle de Lyocell, ekolojik olarak da bir alternatif oluşturmaktadır.

**Tablo II.3** Lyocell Lifinin Gelişimi [11].

Yıl	Firma ve Araştırma Enstitülerinin İsimleri	Gelişme aşamaları
1939	GRAENACHER C. SALLMANN R.	Çözücü olarak aminoksitlerin yardımıyla selüloz çözeltisi hazırlamak için işlem patenti
1969	FASTMAN KODAK	Selülozik çözücü olarak amin oksitlerin üretimi için bir amin olarak N-metil-morfin için patent
1976'dan beri	AKZO	Amerikan Enka(ABD) ve Obemburg'daki ENKA Research'de NMMO'dan selüloz lifi çekimi için temel araştırma
1976	LENZING AG	NMMO ile selülozun çözündürülmesi için çalışmaların başlaması
1979	AKZO	İşlem ürün patenti
1980	AKZO	Stabilizatör patenti
1981	TITK	Alternatif düşük zararlı madde miktarı selüloz üretim işlemlerinin geliştirilmeye başlanması
1982'e kadar	AKZO	Ürün geliştirme
1982	COURTAULDS	Bir çözücü lif çekim işlemi için Ar&Ge çalışması
1983	AKZO	Selülozik ştapel liflerinin üretiminin kurulması, "Filament" işlemi ürün geliştirme
1985	LENZING AG	Lyocell'in geliştirilmeye başlanması
1986	COURTAULDS	İngiltere'de bir pilot tesisin satın alınması
1987	AKZO	Lenzing AG'ye patent verilmesi
1989	AKZO	"Filament" fizibilite gösterimi
1990	AKZO COURTAULDS LENZING AG	Courtaulds'a patent verilmesi Mobile'de(ABD) NMMO'ya dayanan ştapel lif üretimi için geniş çaplı tesis kurulduğunun duyulması Lenzing'de bir pilot tesisin satın alınması
1992	COURTAULDS	Mobile'de(ABD) Lyocell liflerinin üretilmesi için geniş çaplı tesisin inşaatına başlanması
1993	COURTAULDS	Mobile'de(ABD) Lyocell liflerinin üretilmesi için ilk geniş çaplı tesisin satın alınması
1994	AKZO	Obemburg'da filament ipliklerin işlem geliştirmesi için pilot tesisin satın alınması
1997	Rus Polimer Lif Bilim ve Ar. Ens.	NMMO işlemi ile çalışan üretim hatları sunar
1997 Tem	TTTK ve ZIMMER AG	Kesikli lif ve filament ipliklerin işlem geliştirmesi için pilot tesis için kuruluş

Lyocell, selüloz hammaddesinden organik çözücü ile yaş eğirme işlemi yapılarak üretilen rejenere bir lif olup NMMO (N-metil-morfolin-N-oksit) adı verilen bir yöntemle aminoksidin belirli koşullar altında selülozu çözündürme esasına dayanmaktadır. Bu çözeltiden selüloz maddesi rejenere edilmektedir[14-16]. Bu yöntemde çözücü olarak kullanılan aminoksidin, çevreye zararlı olmaması ve geri dönüşümlü olması, bu yöntemin en önemli özelliğidir. Bu liflerin elde edilmesinde işlem basamakları (şekil II.7) verilmiştir:

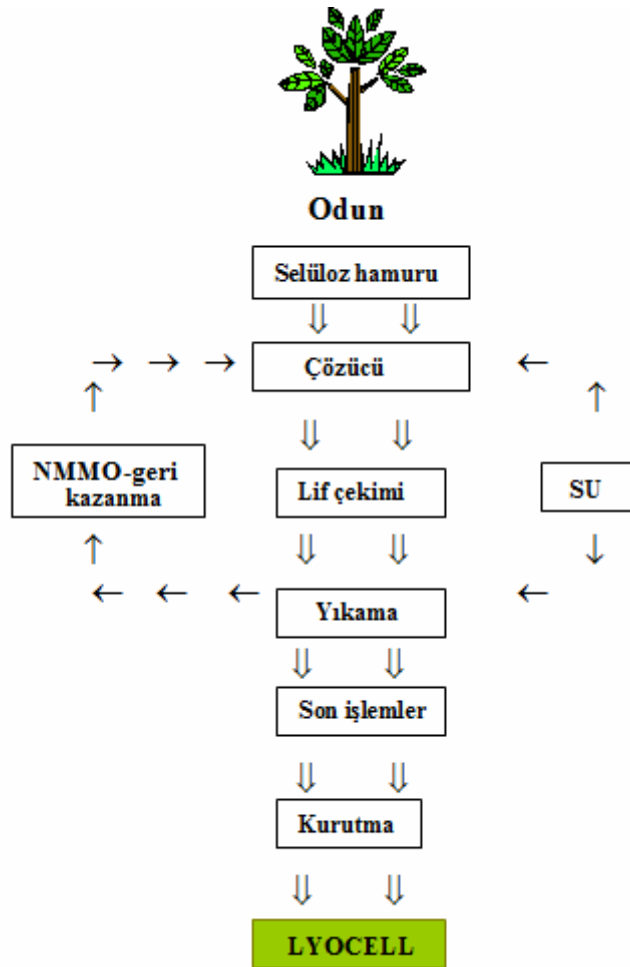
•**Çözündürme:**

Kağıt (odun) hamuru su ve aminoksit ile birlikte karıştırılarak, berrak bir çözelti vermek üzere çözündürülür.

•**Eğirme:**

Bu çözelti, koagülasyon banyosu olarak suyun kullanıldığı bir ortama, spinneret başlıklarından basınç altında püskürtülür. Selüloz banyo içinde filament biçiminde çöker. Koagülasyon banyosuna karışan aminoksit saflaştırılarak tekrar kullanılır.

•**Yıkama, kurutma** Filament banyodan alınır, yıkanır ve kurutulur.

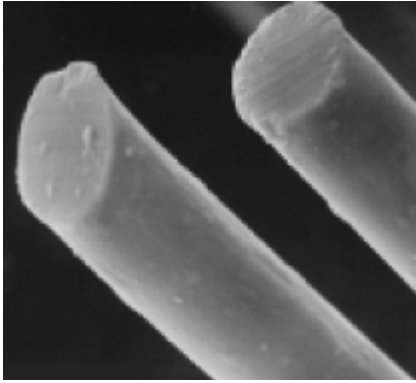


Şekil II.7 Lyocell Lif Üretimi

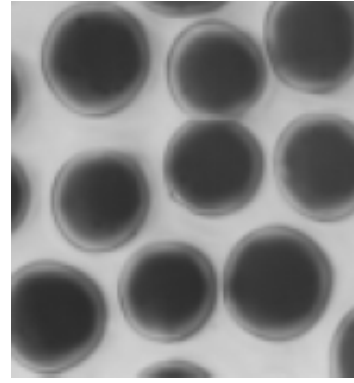
### II.2.3.1. Lyocell Lifinin Fiziksel Özellikleri ve Fiziksel Yapısı

Ortalama lif çapı 11-13  $\mu\text{m}$  ve yoğunluğu 1.51  $\text{g/cm}^3$ 'dir. Lifler 1.7 dtex incelikte ve çok parlaktır. Kısa lif uzunlukları genellikle 38 mm olup, istenirse farklı uzunluklarda da üretilebilmektedir. Yaklaşık 40-42 cN/tex' lik kuru mukavemet ile diğer rejenere selülozik lifler içerisinde en mukavemetli olanıdır. Islak halde mukavemeti yalnız %15 azalarak 34-38 cN/tex' lik değeri ile mukavemet kaybı en az olan rejenere selüloz kökenli liftir. Mükemmel bir boyut stabilitesine sahiptir ve sudaki işlemlerde, boyamada ve giysilerin ev tipi yıkamalarında çekme çok az görülür [10].

Şekil II.8 ve şekil II.9'dan görüldüğü üzere Lyocell lifinin enine kesidi yuvarlak veya ovale yakındır.



Şekil II.8 Lyocell Lifinin Boyuna Görünümü [17].

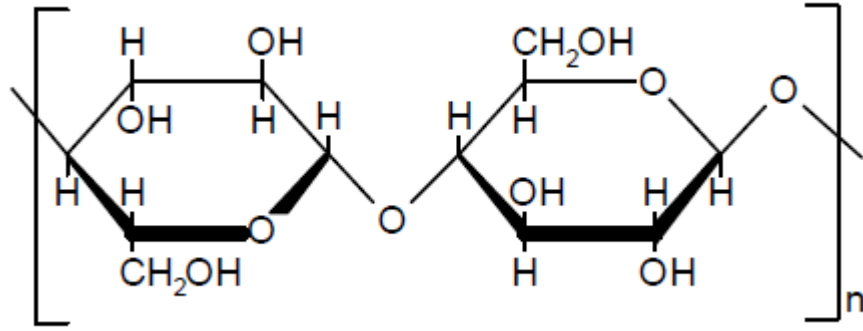


Şekil II.9 Lyocell Lifinin Enine Kesiti [17].

### II.2.3.2. Lyocell Lifinin Kimyasal Özellikleri ve Yapısı

Sıcak seyreltik veya konsantre mineral asitler ile Lyocell liflerin özelliklerinde azalma olur. Alkaliler ile (max. % 9'luk NaOH çözeltisi) önce şişerler ve daha sonra parçalanırlar. Organik çözücüler ile kuru temizleme yapılabilir. Temizlemedeki sınırlandırmalar (örneğin kuru temizleme) liflerin kullanımında gerekmektedir. Çekme veya görünümünde değişiklik oluşturabilecek bir problem olmaksızın rahatlıkla temizlenebilmektedir. Kumaşlar 60°C'de maksimum %3 çekme ile yıkanabilirler, peroksit ve hipoklorit ile ağartılabilirler. Courtaulds Lyocell lifleri erimez ve 150°C'ye kadar dayanıklıdırlar. 170°C üzerinde mukavemet kaybı başlamakta, 300°C'de hızlı bir şekilde parçalanmakta ve 420°C'de yanmaya başlarlar. Lyocell mikroorganizmalar tarafından yenebilir ve %100 olarak

karbondioksit ve suda biyolojik olarak parçalanabilir. şekil II.10’da Lyocell lifinin kimyasal yapısı görülmektedir.



**Şekil II.10** Lyocell Lifinin Kimyasal Yapısı [18].

### II.2.3.3. Fibrilasyon

Fibrilasyon, elyaftaki fibrillerin liften sıyrılması, soyulması olayına denir. Mikrofibriller lifin yüzeyinde oluşmakla beraber lifin gövdesinden tam olarak ayrılmazlar. Fibrillerin bu şekilde yüzmeleri sayesinde materyalde çok farklı yüzey özelliklerinin elde edilebilmesi sağlanır. Şeftali tüyü olarak anılan süper yumuşak yüzey eldesi fibrilasyon sayesinde mümkün olmaktadır. Tüm selülozik liflerin fibrilasyon özelliği vardır, ama fibrilasyon dereceleri farklıdır. Lyocell’ in özel yapısı yüksek mukavemet ve halat boyama da yüksek fibrilasyon olarak kendini gösterir. Lyocell liflerindeki bu fibrilasyon eğiliminin sebebi şu şekilde açıklanabilir: Yüksek kristalinite ve NMMO’ dan lif olarak çekilmiş selülozun fibriller arası düşük bağlanma kuvvetleri nedeniyle şişme özelliğine sahip olmasıdır. Yüksek miktarda su emilmesi ile şişen Lyocell liflerinde fibriller arasında uzaklık artar ve hidrojen köprülerinin sayısı azalır.

Fibriller arasında kalan bağ kuvvetlerinin hafif olup elastik olamadığı için özellikle yaş mekanik işlemlerde şişmiş lifler şekil II.11’de görüldüğü gibi dış lif tabakasından dışarı çıkarlar [19].



**Şekil II.11** İplik ve Lif Fibrilasyonunun Oluşumu [19].

Fibrillenmeyi arttıran şartlar ise düşük iplik bükümü, daha gevşek yapı, yüksek sıcaklık, alkali ortam, yoğun mekanik etkiler ve düşük banyo oranı olarak sıralanabilir.

Fibrillenmeyi azaltan şartlar yüksek büküm, sık dokuma, düşük sıcaklık, daha az mekanik etki, kırık önleyici maddelerin kullanılması. yüksek banyo oranı, boyamadan önce ve sonra özel selüloz kombinasyonları ile enzimatik işlemdir[20-23].

#### **II.2.3.4. Lyocell Lifinin Terbiye İşlemleri**

Kumaş eğer tüylüyse genelde iki yüzüne alazlama yapılır. Haşıl sökme işlemi, nişasta ile haşıllama yapılmışsa enzimatik olarak yapılır. Polivinilalkol, karboksimetilselüloz, akrilat haşılları nötr ortamda ön yıkama ile kumaştan uzaklaştırılır. Bu amaçla; köpük oluşturmeyen ve kompleks oluşturucu içeren bir yıkama maddesi yeterlidir. Merserizasyon Lyocell'de tuşeyi sertleştirici etki yapabilmektedir. Çoğu zaman kostikleme ve yıkama yapılır. Tencel ve Lyocell lifi, pamuktan daha yüksek bir beyazlık derecesine sahiptir. Bu yüzden yalnızca beyaz ve çok açık renklerde ağartma gereklidir. Dokuma kumaşların terbiye işlemlerinde, açık en halinde jigger, pad-batch ya da pad-steam yöntemleri kullanılır. Lyocell liflerin boyanmasında, diğer selüloz lifleri için kullanılan boyarmadde ve yardımcı maddeler kullanılmaktadır. Direkt boyarmaddelerle, bifonksiyonel ve trifonksiyonel kimyasal yapısına reaktif boyarmaddelerin reaktif kullanımı söz konusudur[24-27].

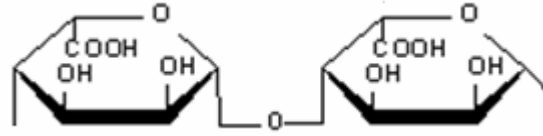
#### **II.2.4. Alginat Lifleri**

Alginat, kahverengi renge sahip ascophyllum, durvillaea, ecklonia, laminaria, lessonia, macrocystis, sargassum ve turbinaria gibi deniz yosunlarından elde edilen doğal bir polisakkarittir. Sodyumhidroksit çözeltisi ile ham deniz yosunundan ekstrakte edilerek sodyum alginat, (alginat tuzu) elde edilir. Alginat polimerik bir asittir. Alginatta % 22–30 Ascophyllum, %25–44 Laminaria digitata ve Laminaria hyperborea'nin %17–33 oranında yaprak ve %25–30 bitkisel saplar bulunmaktadır [28,29].

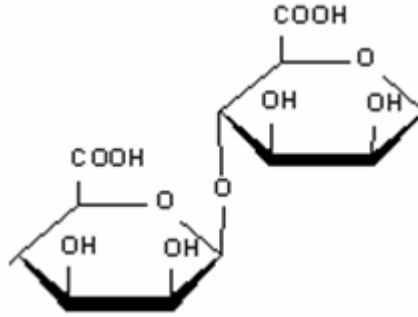
Alginat lifleri, ilk olarak Speakman ve Chamberlain yaş eğirme yöntemi ile 1944'te tanımlanmıştır. Daha sonraları çorap ve ev dekorasyonu materyali olarak kullanılmıştır. 1980'lerden sonra, yara bandı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Alginatların kullanımı dört ana özelliğe dayandırılır.

*İlki* suda çözüldüğü zaman çözeltiyi kalınlaştırma kabiliyeti, *ikincisi* su içindeki sodyum alginat çözeltisine kalsiyum tuzu eklendiğinde jel formu oluşturma kabiliyeti, *üçüncüsü ise* kalsiyum alginat liflerinin ve kalsiyum alginat ya da sodyum alginatın film formu oluşturabilme özelliğidir. *Dördüncü avantajı* ise yenilenebilir kaynaklardan elde edilen doğal bir polimer olmasıdır. Ticari olarak ilk, Since Sorbsan™' un 1981'de büyük miktarlarda alginat yapımı yara bandlarını piyasaya sürdüğü bilinmektedir [28,30-32].

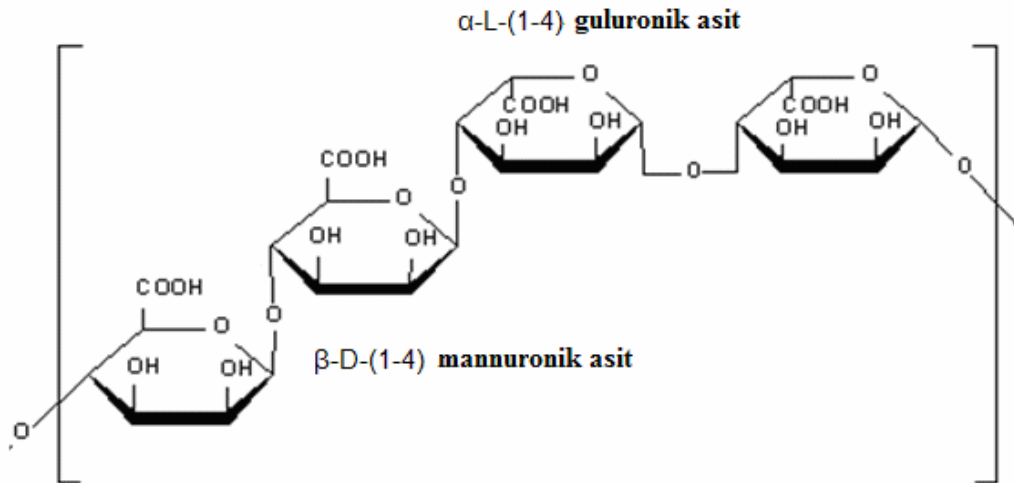
Alginat lifi, polimerik yapısı  $\alpha$ -L-guluronik asit (şekil II.12) ve  $\beta$ -D-mannuronik asit (şekil II.13) olan iki monomerin birleşmesi sonunda meydana gelen alginik asidin kalsiyum tuzudur (şekil II.14) [32].



Şekil II.12  $\alpha$ -L -Guluronik Asit [33]



Şekil II.13  $\beta$ - D-Mannuronik Asit [33].



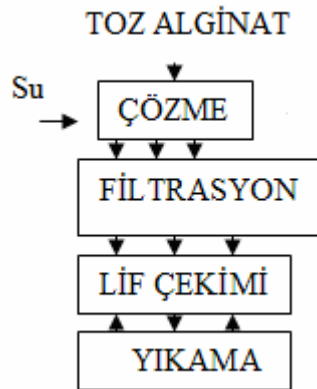
Şekil II.14 Alginat Lifinin Kimyasal Yapısı [33]



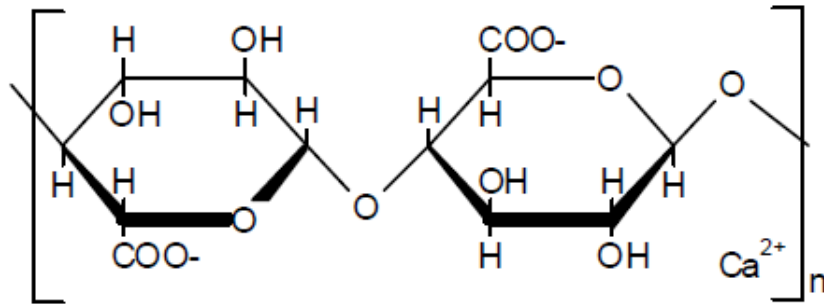
### II.2.4.1. Alginat Lifinin Üretim Prosesi

Deniz yosunları, mekanik ve düzgün bir şekilde hasat edilir. 85°C'e sıcaklıkta kurutma yapılır. Kaba öğütme ve elemeden sonra kurutulmuş malzeme öğütülür, elenir. Toz halindeki alginat yaş eğirme yöntemi ile alginat lifine dönüştürülür. Ham alginat suda kolayca çözündüğü için önce suda homojen bir çözeltisi hazırlanır. Lif üretiminde alginatın molekül ağırlığı ve molekül yapısı, koagüle banyosunun bileşimi, proses sıcaklığı, ve hızı önemlidir. Üretim prosesinde eğirme banyosu önemlidir. Çünkü alginat lifinin performansı ve özelliği için önemlidir. Hazırlanacak eğirme banyosunda %5-6 sodyum alginat bulunmalı, aksi takdirde viskozite yükseleceğinden eğirmede problem yaratacaktır. Sıcaklığın santigrat başına yaklaşık %2.5 oranında artması alginat çözeltinin vizkozitesini düşürür.

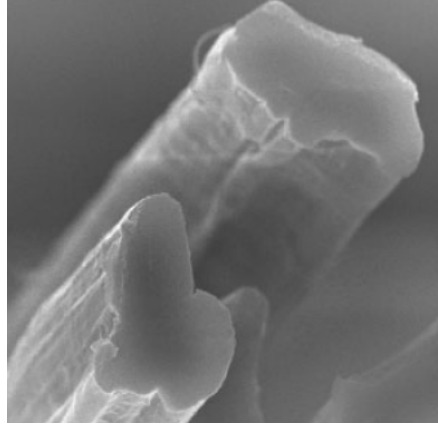
50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda depolimerizasyon meydana gelebilir. pH 7'de sodyum alginat çözeltisi hazırlanır [28,34]. Şekil II.15'te alginat lifinin üretim süreci, şekil II.16 ve şekil II.17'de ise alginat lifinin kimyasal yapısı ve kesit görüntüleri verilmektedir[30].



Şekil II.15 Alginat Lifinin Üretimi [30].



Şekil II.16 Alginat Lifinin Kimyasal Yapısı [18].



**Şekil II.17** Alginat Lifininin Enine Kesiti ve Boyuna Görünümü [35].

Alginat liflerin absorpsiyon ve jel oluşturma yeteneklerinin yanında, antimikrobik özelliklere de sahip olmasından dolayı son yıllarda tıp sektöründe kullanılmaktadır. Sulu koagülasyon banyosunda nötral ortamda ilaç ve enzimler gibi birçok bioaktif malzemeler, alginat lifleri içine onların bioaktivite özelliklerini kaybetmeden kombine edilebilir.

Deniz suyunda bulunan mineraller deniz yosununda da bulunur. Bu durum deniz yosunu materyalinde bulunan geniş mineral zenginliğini açıklar. Bunun yanı sıra karbonhidrat, yağ ve protein içerirler. Bu nedenle deniz yosunu kozmetik endüstrisinde cildin kan ihtiyacını iyileştirmek üzere metabolizmasına yardımcı olmak ve hücre temizliğini sağlamakta kullanılır. Bu tür kozmetik ürünleri deniz yosunu içerdikleri için cildin ferah, sıkı ve yumuşak kalmasını sağlarlar.

Deniz yosunu, içerdiklerinden dolayı cildin ferah, sıkı ve yumuşak kalmasını sağlar. Ayrıca deniz yosununun içeriği, kızarıklık giderici ve cilt koruyucu özelliklere sahiptir ve psoriasis ve nerodermatik gibi cilt hastalarında terapik etki sağlar. Ayrıca deniz yosunu özleri alerjik reaksiyonlar ve böcek ısırılmaları sonucunda oluşan kızarıkların iyileştirilmesinde etkili olan glikoz amin glükon üretimini sağlarlar. Diğer yandan cildi, radikal ve zarar verici çevre etkilerinden korurlar. Deniz yosununun içerdiği karoten A vitamini etkisiyle kanser tedavisinde kullanılabilir [28].

### II.2.5. SeaCell® Lifleri

Günümüzde antimikrobiyel tekstil ürünleri önem kazanmıştır. Bunun içinde yapılan bilimsel çalışmalarda tekstil liflerine antimikrobiyel özellik kazandırmak için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalardaki amaç mikropların yayılmasını önlemek veya tamamen ortadan kaldırmaktır.

Tekstilde antimikrobiyel uygulamalar açısından bakıldığında en yaygın olan yöntem bitim işlemleri şeklinde gerçekleşmektedir. Bu alanda kullanılan maddeler incelendiğinde, bu maddelerin çevre ve insana zarar vermemesi önemlidir. Antimikrobiyel bitim işlem maddeleri, çektirme, emdirme, vakumlama, aktarma, püskürtme, köpükle uygulama ve kaplama yöntemleri ile tekstil ürününe aktarılacak suretiyle mikroorganizmaların etkinlikleri durdurulur. Özellikle, antimikrobiyel maddelerin tekstil materyaline aktarılabilmesi için suda çözünür olması gerekir. Bu da işlemin yıkamaya karşı dayanımını düşürür.

Yapılan çalışmaların çoğu bu işlemlerin yıkama dayanımını arttırmaya yöneliktir. Ancak, tüm antimikrobiyel bitim işlemi uygulamalarının yıkamaya dayanıksız oluşları ve belli sayıda yıkamalardan sonra etkinliklerini kaybetmeleri halen sorunun tam çözümü gerçekleşmemiştir. Antimikrobiyel bitim işlemlerine bakıldığında triklosan, kuartir amonyum tuzu, o-fenil fenol, fenolik eter, anorganik/organik çelat maddesi, gümüş esaslı maddeler gibi bunlara katkı sağlayacak kitosan ve zeolitler kullanılmaktadır [36].

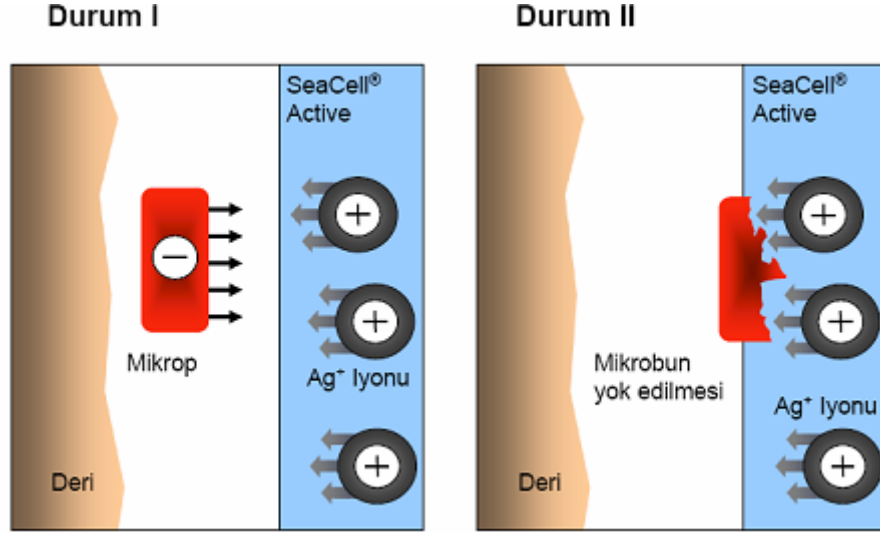
Bugün sentetik liflerin üretimi antimikrobiyel olarak gerçekleşebilmektedir. Bunların üretiminde koagüle banyosu içine ilave edilen antimikrobiyel maddeler ile sentetik liflere üretim esnasında antimikrobiyel özellik kazandırılır. Örneğin triklosan ilavesi ile poliakrilonitril liflerine antimikrobiyel özellik kazandırılır. Son zamanlarda bakteriyostatik ipliklerin üretimi özellikle çok sayıda poliester, akrilik ve viskon materyallerinin kullanıldığı Japonya'da görülmekte olup gittikçe üretimleri artmaktadır. Bu ipliklerin çoğu antimikrobiyel kimyasal madde içermektedir. Bitim işlemleri genelde bakır ve çinkonun metal kompleksleriyle yapılmaktadır. Bunun yanında gümüş lifleri, karbon lifleri gibi kendi yapısından dolayı antimikrobiyel özelliğe sahip liflerde kullanılmaktadır[37]. Tablo II.4'te antibakteriyel lif ve ipliklere örnekler verilmiştir.

**Tablo II.4** Antibakteriyal Lifler ve İplikler [38]

LİF TİPİ	LİF CİNSİ	ÜRETİM	TİCARİ İSİM
<b>KESİKLİ LİFLER</b>	Poliester	Montefibere	Tarital/Saniwear
	Akrilik	Acordis,Kanebo Mitsibusihi,Toyobo	Amicor, BiosafeLeacril/SaniwearBactikiller
	Çitosan	Omikenshi Fuji	Crabyon Chitipoly
	Polipropilen	AsotaDrak Extrusion Plasticisizers	Am SanitizedGymlene Permafresh
	Klor lifleri	Rhovly	Rhovil As
	Viskoz	Lenzing	Lenzing Viscose
<b>KESİKSİZ LİFLER</b>	Asetat	Mitsibusihi,Novaceta, Celanese	SilfreshMicrosafe
	Poliamid	Kanebo	Live Fresh
	Poliester	Brilen	Bacterbril
	Polipropilen	Drake Extrusion	Permafresh

Üretici firmalar, antimikrobiyel lif üretiminde çevre dostu madde kullanımı ve geri dönüşümü mümkün olan lifleri üretmeyi ön plana çıkarmışlardır. Zimmer AG firması araştırma geliştirme çalışmaları neticesinde, çok fonksiyonlu ve aynı zamanda bioaktif özelliklere sahip yeni bir selülozik lif geliştirmiştir. Geliştirilen bu prosesle, antibakteriyel liflerin artan talebe karşılık verebileceği yenilikçi ve ileri teknoloji lifleri hijyen ve temizliğin gerektiği her türlü kullanım için mükemmel bir uyuma sahip olabilmektedir [39].

Bilindiği üzere, bakteriler uygun ısı ve nem kombinasyonu buldukları her yerde gelişip yayılabilirler. Bu bakımdan, özel spor ve aktivite kıyafetlerinde, yatak örtüleri, iç giyim ve dolgu malzemelerinde bakteri üretimini engellemesi ve bakterilerin gelişmesini azaltması sebebi ile SeaCell® lifleri bir avantaj sağlamaktadır. Bununla ilgili olarak şekil II.18’de SeaCell® active’in mikroba karşı etkisi görülmektedir.



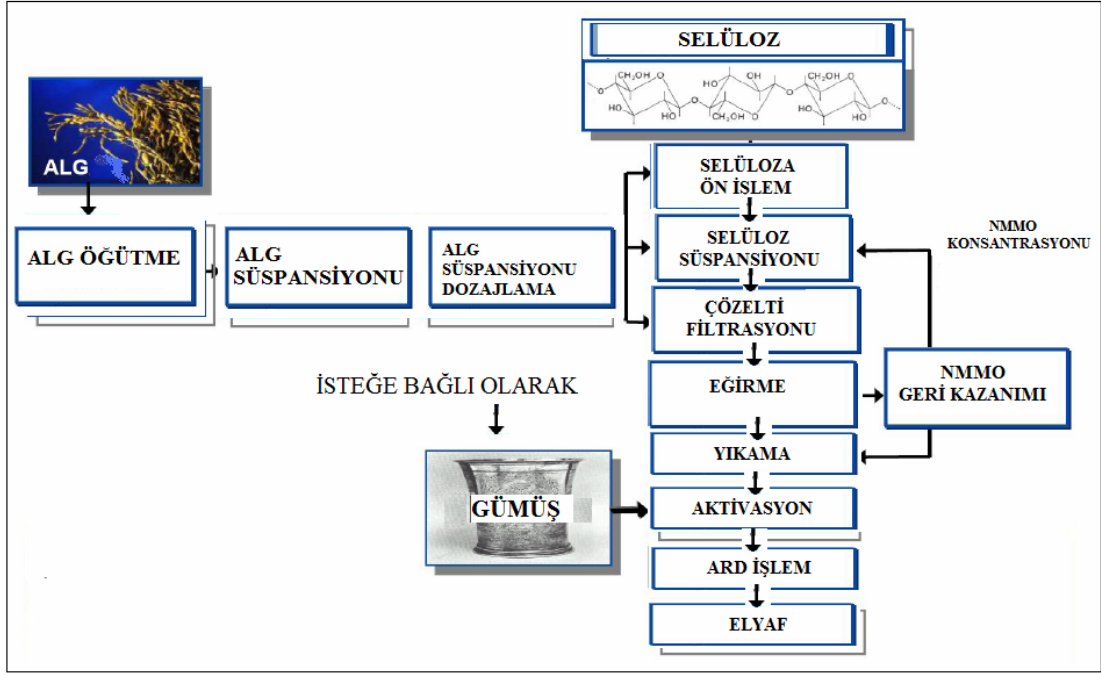
Şekil II.18 SeaCell® active'in Mikroba Karşı Etkisi [39].

Birçok geleneksel lifteki antibakteriyel etki böcek ve ilaç endüstrisinde bilinen organik bileşiklerin kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Bu bileşikler bazen lif içine yerleştirilir, bazen ise yüzeyine uygulanır. Bu maddeler genellikle gözardı edilmemesi gereken yan etkilere sahiptir ve cildin tahriş olmasına neden olabilir. Yürütülen araştırma ve geliştirme çalışmalarında organik bileşenlerin insan vücudunda yarattığı bu olumsuz etkiyi engelleyerek bakterilere karşı dayanıklılık hedeflenmiştir. Bunlardan, kalıcı bakteri karşıtı etki, Hohenstein Araştırma Enstitüsü'nde selülozik liflere uygulanarak, vücuda karşı yararlı etkileri birçok testle tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve diğer yandan tekstil üretimine dahil edilebilme özellikleri, bu liflerin diğer tekstil lifleri ile birlikte kullanılabilmesini göstermiş olup bakterilere karşı etkinin vücuda zararsız olması etkisini de sağlamıştır. Bu yeni selülozik antibakteriyel lif, Zimmer AG firmasının Rudolstadt'taki SeaCell® GmbH (önceki Alceru Schwarza) firması ile ortak çalışmaları neticesinde geliştirilmiştir [39].

Deniz yosununundan elde edilen tekstil materyallerinin kalıcı antimikrobik etkileri Hohenstein Enstitüsü tarafından yapılan testlerle onaylanmıştır. SeaCell® active lifinin antimikrobik özellikleri, bakteri ve mantar kültürleri ile Jena Üniversitesi hastanesinde yapılan denemelerde tespit edilmiştir. Bütün bu test sonuçları SeaCell® active'den üretilen kumaşların, kötü kokuları etkisiz hale getirdiği ve temizlik sağladığı görülmüştür[40].

### II.2.5.1. SeaCell® Üretim Yöntemi

Bilindiği üzere, Lyocell yöntemi çevre dostu, daha konforlu ürün geliştirmeye uygun ve yüksek ölçüde esnek alternatifte sahip yapay rejenere selüloz bir lif üretimidir. SeaCell® lif üretimi de, şekil II.19'da görüldüğü üzere Lyocell üretimine deniz yosunu lifinin katılması ile gerçekleşmektedir. SeaCell® active lifi ise, daha önce bahsedildiği üzere, Lyocell üretimine göre geliştirilmiş ve gümüş ile zenginleştirilmiş antibakteriyel elyaf üretim tekniği olup son yıllarda tekstil pazarlarında yer almıştır [40-42].



Şekil II.19 SeaCell® Lif Üretimi [42]

SeaCell® üretim yönteminde, selüloz yan ürünler oluşmadan selüloz direkt çözdürülür. Çözelti olarak toksik içermeyen suda çözelti halinde bulunan N-metilmorfil-N-oksit (NMMO) kullanılmakta ve kuru/yaş eğirme sistemiyle lif üretilmektedir. Eğirme işlemi bittikten sonra, kullanılan çözücü uzaklaştırmak için yıkama işlemi yapılır ve çözücü tamamıyla uzaklaştırılır.

SeaCell® liflerinin üretiminde ince yüzeyli kahverengi algler (Ascophyllum nodosum) yada/ve kırmızı alglerin (Lithothamnium Calcareum) çözeltileri kullanılmaktadır. Algler ya toz halinde ya da süspansiyon halinde katılmaktadır. Deniz yosunları deniz suyundaki mineralleri absorplama yeteneğine sahiptir. Yapılan araştırmalarda [43], deniz yosunları içinde vitaminlerin ve minerallerin yanı sıra karbonhidratlar, amino asitler, yağlar ve bulunduğu

saptanmıştır. Aktif madde içerikli deniz yosunları yada deniz yosunu özleri tercihen kozmetik ya da ilaç sektöründe kullanılmaktadır. Deniz yosunlarının sağladığı bu özelliklerin yanı sıra, SeaCell® liflerinede ıslak ya da kuru halde oldukça yüksek mukavemet ile birlikte giyim konforu da gösterirler [41,42].

#### **II.2.5.2. SeaCell® Lifinin Metal Sorpsiyonu**

SeaCell lifinin bir diğer özelliği de materyalleri bağlama ve absorblama kapasitesidir. SeaCell liflerinin aktivasyonu esnasında bakteri önleyici gümüş, bakır, çinko ve diğerleri gibi materyaller metal emilim yoluyla tamamen oluşmuş selülozik lifler tarafından emilir. Eğirme çözeltisine bakteri önleyici metalleri eklemek şeklindeki yaygın yöntemlerden farklı olarak, Active içerikli SeaCell Active liflerinde, bir aktivasyon basamağında, tamamen oluşmuş olan lifin çekirdeğine bakteri önleyici maddeyi yerleştirme imkanı verilmektedir. Metal tuzlarının sudaki çözeltisi ile yapılan emilim testlerine oranla, SeaCell lifi metallere ve metal iyonlarına göre çok daha iyi emme davranışı göstermektedir. Bu liflerde metal iyonları lif matrisi içinde selülozun emilimi yoluyla sıkı sıkıya tutunabilmektedir[44].

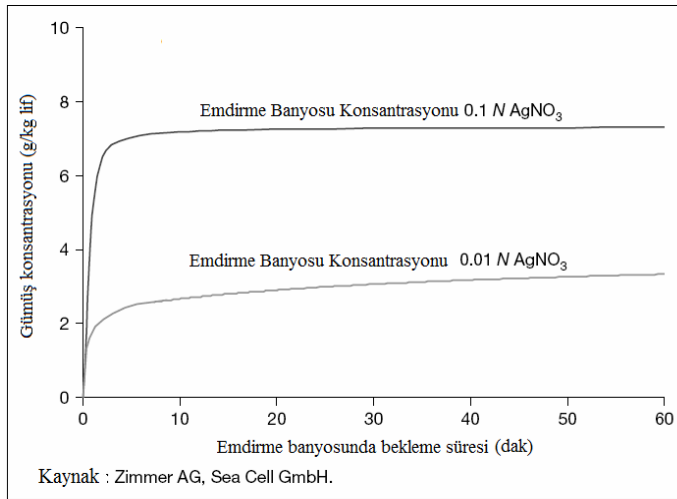
#### **II.2.5.3. Gümüş ve Çinkonun Anti Bakteriyel Özellikleri**

Çinko, antibakteriyel bir etkiye sahip olup iltihap ve bakterilere karşı (streptococci ve actinomyces) kullanılabilir. Diğer taraftan, gümüşün antibakteriyel etkisi eskiden beri bilinmektedir. Gümüş aletler ve gümüş konteynırlar mikrop oluşumunu önlemek ve yüksek kalitede suyu garanti etmek için (yaklaşık M.Ö. 400) su taşıma ve bir yerden bir yere su transferinde kullanılmaktaydılar. 19.yy.'da gümüşün çok düşük konsantrasyonlarda bile antimikrobik etkiye sahip olduğu ve tipoid basili ve dayanıklılık antirax sporlarını 1:4000 den 1:10000'e kadar düşük konsantrasyonlarda hemen yok ettiği keşfedilmiştir. Suyun dezenfekte edilmesinde olduğu gibi yaranın dezenfekte edilmesinde de gümüşün aligodinamik etkisi kullanılır (bakterinin büyümesinin 0.006-0.5 ppm'e kadar metal konsantrasyonunda engellenmesi). Gümüş içerikli yatak örtüleri ve tekstiller, psoriasis ve döküntülü bir cilt hastalığı olarak bilinen nörodermatitisin tedavisinde olumlu etki göstermiştir. Gümüşün cilde hiçbir yan etkisi bulunmadığından gümüş SeaCell® active lifi üretiminde aktive edici olarak kullanılır. Yeterli gümüş iyonlarının SeaCell® active lifinde bulunması durumunda, antibakteriyel etkisini uzun süre sürdürebilir.

Dermatolojik ve hijyenik açıdan hiçbir deri tahrişi olmayacağı da garanti edilebilmektedir[45,46].

#### II.2.5.4. Kinetik Absorbsiyon

SeaCell Active lifleri su katılmış gümüş çözeltisi ile yüklenerek üretilmektedir. Absorpsiyon kinetiği, banyo çözeltisindeki gümüş konsantrasyonuna bağlı bir fonksiyon olarak ölçüldüğünden gümüşün absorpsiyonu lif üretiminin en önemli prosesini oluşturmaktadır. Şekil II.20, 0.1–0.01 N arasındaki gümüş nitrat çözeltisinin absorpsiyon kinetiğini göstermekte olup yükleme prosesi 1-3 dakika arasında suyu emme süresinde tamamlanmaktadır. Bunun yanında diğer önemli etken de banyo konsantrasyonudur. SeaCell lifi, 0.1N'lik bir gümüş nitrat çözeltisinde işlem gördüğünde yaklaşık 7 g/kg gümüş absorbe ederken, 0.01N'lik çözeltide ise yaklaşık 3.5 g/kg absorbe edebildiği görülmektedir.



Şekil II.20 Gümüşün Absorbsiyonu [27]

#### II.2.5.5. SeaCell® active Lifinin Kimyasal Analizi

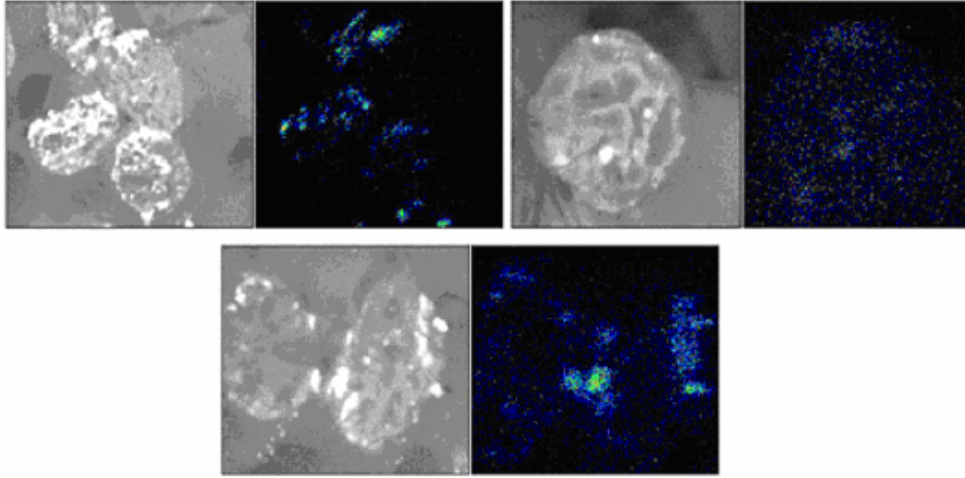
Yapılan bir çalışmada[39], aktivasyon basamağının lif kompozisyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. SeaCell® active lifinin absorlanan gümüş miktarı nedeniyle, alkali ve toprak alkali metal konsantrasyonlarının düştüğü ve bu durumun sodyum konsantrasyonunda daha açık ortaya çıktığı tablo II.4 görülmektedir.



**Tablo II.5** SeaCell® active, SeaCell® pure ve Lyocell Lifinin İçinde Bulundurduğu Mineraller [39].

Element	Elyaf Miktarına Bağlı Element İçeriği	Lyocell	SeaCell® pure	SeaCell® active
Gümüş	[mg/kg elyaf]	-	-	6900
Kalsiyum	[mg/kg elyaf]	38	1800	1540
Magnezyum	[mg/kg elyaf]	95	275	107
Sodyum	[mg/kg elyaf ]	306	330	13

Yine aynı çalışmada [39], kimyasal analiz ile SeaCell® active lifleri sıvı azot kullanılarak, lif kesiti üzerindeki gümüş dağılımı elektron mikroskobu yardımı ile incelenmiştir. Elektron mikroskobu ile elde edilen lifin görüntüsünde (şekil II.21) açık bölgelerde gümüşün olduğu ve gümüşün lifin kesiti üzerinde yoğun bir şekilde dağılıp sadece yüzeyde bulunmadığını göstermektedir.

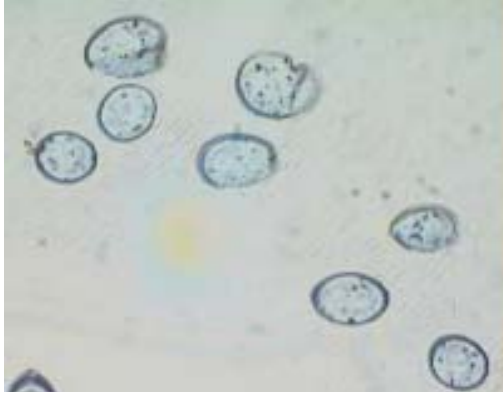


**Şekil II.21** SeaCell® active Lifindeki Gümüşün Dağılımı [39]

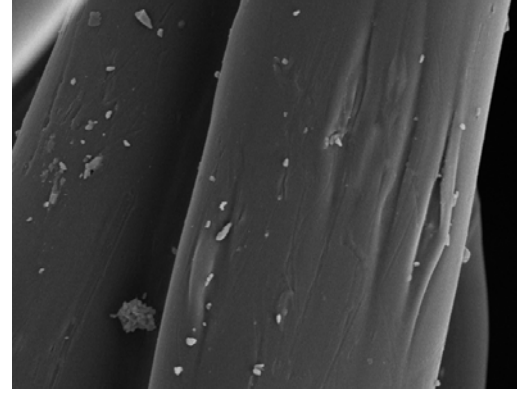
#### II.2.5.6. SeaCell® active Liflerinin Fiziksel Özellikleri

SeaCell® active lifleri (şekil II.22 ve şekil II.23) farklı lif çapında, kesiksiz yada kesikli şekilde üretilbildikleri gibi üretim sırasında yüksek dayanıklılık ve uzama özelliklerini kaybetmezler. %100 SeaCell® active lifinden her türlü karışımda iplik elde edilebilmektedir. Tablo II.5'te, SeaCell® active, SeaCell® pure, Lyocell,

alginat, viskon, poliester liflerinin mukavemet, uzama gibi fiziksel özellikleri karşılaştırılmaktadır.



**Şekil II.22** SeaCell® active Lifinin Enine Kesiti



**Şekil II.23** SeaCell® active Lifinin Boyuna Görünümü

**Tablo II.6** SeaCell® active, SeaCell® pure (Doğal) Lyocell, Alginat, Pamuk, Poliester Liflerinin Fiziksel Özellikleri [44,45].

Lif Cinsi	SeaCell® pure ve SeaCell® active	Lyocell	Alginat	Pamuk	Viskoz	Poliester
İncelik (dtex)	1.4	1.4	3	1.5	1.7	1.3
Kuru mukavemet (cN/tex)	35-42	40-45	10.21	20-24	22-26	30-55
Yaş mukavemet (cN/tex)	27-35	33-38	2.51	26-30	10-15	30-55
Kuru Uzama %	10-15	10-15	18.2	7-9	20-25	25-30
Yaş Uzama %	10-17	12-18	42.5	12-14	25-30	25-30

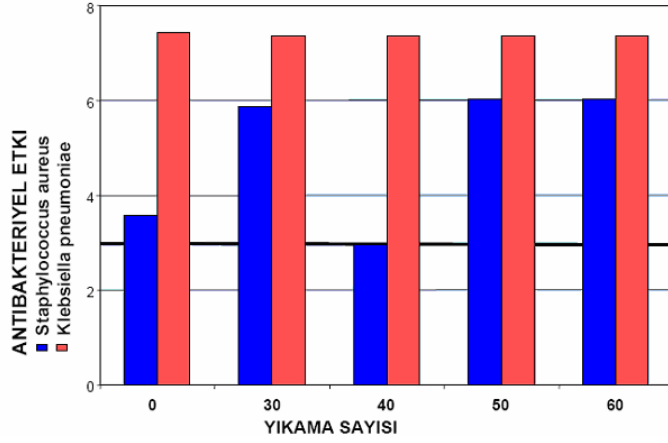
#### II.2.5.7. SeaCell® active Lifinin Antimikrobik Özellikleri

Önceki bölümlerde, gümüşün SeaCell Active lifine antimikrobik özellik kazandıran bir madde olduğu belirtilmişti. Bundan sonraki bölümlerde, absorbe edilen gümüşün beklenen anti mikrobik özelliği gösterip göstermediği ve anti bakteriyel aktiviteleri incelenecektir.

### II.2.5.8. SeaCell® active Lifinin AntiBakteriyel Aktivitesinin Kalıcılığı

SeaCell® active lifinin antibakteriyel etkisinin kalıcılığını belirlemek için yapılan bir çalışmada numuneler belirlenen parametrelerde 40°C’de 60 defa yıkanmıştır[44].

Şekil II.24’te SeaCell® active liflerinin antibakteriyel etkinliği görülmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere ( koloniyi oluşturan bakteri sayısı) log CFU > 3 olduğunda güçlü bir antibakteriyel etkiden söz edilmektedir.

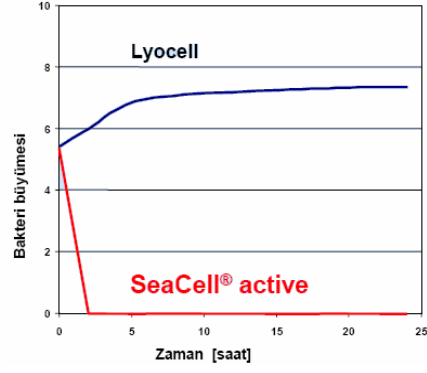


Şekil II.24 SeaCell® active’in Yıkama Sonrasındaki Antibakteriyel Etkisi [44]

Bu çalışmada 60 yıkama sonunda gümüş konsantrasyonundaki azalma ihmal edilebilir düzeydedir. Staphylococcus ve klebsiella bakterilerine karşı güçlü antibakteriyel etki 60 yıkama sonunda dahi değişiminin olmadığı gözlenmektedir.

### II.2.5.9. SeaCell® active Lifler Mantarlara Karşı Etkisi

Antibakteriyel etkinin yanı sıra, SeaCell® active lifleri mantarlara karşı da dayanıklı olarak bilinmektedir. Bununla ilgili olarak yapılmış bir çalışmaya[46] göre, bir Aspergillus niger DSM 1957 test yöntemi kullanılarak mantarlara karşı etkinliği test edilmiştir. Aspergillus niger mantar sporundan hazırlanan çözelti hem SeaCell® active lifine hem de referans kullanılan Lyocell örneğine uygulanmıştır. Daha sonra, 8 gün boyunca kuluçkaya bırakılan numunelerin başlangıçtaki ve sonundaki kuluçka sayısı ölçülmüştür. Aspergillus niger konsantrasyonu 8 gün sonunda Lyocell lifinde 0.9 log artarken, SeaCell® active lifinde 2.5 log olarak düşmüştür (Şekil II.25).



Şekil II.25 SeaCell® active'in Mantara Karşı Etkisi [46].

#### II.2.5.10. SeaCell® Lifine Uygulanan Terbiye İşlemleri

SeaCell® pure ve SeaCell® active liflerin terbiye işlemleri pamuklu materyallerin terbiye işlemlerine benzer yapılacak alazlama ile hav uzaklaştırılması gerçekleştirilir. Çektirme yöntemine uygun jiggede haşıl sökme işlemi yapılmaktadır. Kurutma işleminden sonra istendiği takdirde mercerize işlemi yada hidrojenperoksit ( $H_2O_2$ ) ve soda ( $Na_2CO_3$ ) ile pH 7,5'da ağartma işlemi gerçekleştirilebilir. Alternatif olarak ağartıcı perasetik asit kullanılabilir. Direkt yada reaktif boyarmaddelerle boyaması gerçekleştirilir. Problemsiz bir şekilde reçineli bitim işlem maddeleri ile bitim işlemleride uygulanabilir[47].

### II.3. TEKSTİL LİFLERİNDE GÜÇ TUTUŞURLUK BİTİM İŞLEMLERİ

Yeni tekstil ürünlerinin gelişimi için; yeni lifler, lif karışımları ve kumaşın fonksiyonel ve estetik özelliklerini geliştirecek kimyasal işlemler araştırılmaktadır. Çoğu araştırma, bitim işlemlerinin davranışlarının ve mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasını sağlamak için yapılmaktadır.

Bugün, çevresel kaygıların artmasının nedeniyle ekolojik şartlar içeren birçok yasa yürürlüğe girmiştir. Bu yasalar depolama, uygulama ve kullanım sırasında sağlığı ve güvenliği etkileyen faktörleri ortadan kaldırmak ve tekstildeki kimyasal üretim sırasında açığa çıkan atıkların çöp alanlarına, denizlere dökülmesi yada gazların havaya salınmasını önlemek için konulmuştur. Bunlar kimyasal proseslerde ve bitim işlemleri yöntemlerinde değişikliklere neden olmuştur. Buda gelecek nesilleri korumak için çevre dostu yöntemlerin ve maddelerin gelişmesine neden olmuştur. Bunlar;

- Kimyasal bitim işlemlerinin daha iyi kalitede olması,
- Daha fazla çevre dostu kimyasal yöntem geliştirilmesi,
- Üretim esnasında kullanılan su ve enerji miktarının azaltılması,
- Bitim makinelerindeki üretim kontrol aşamalarının ve otomasyonun azaltılması şeklinde sıralanabilir [48].

Çevre dostu bitim işlemlerinin uygulanması, uygulama yöntemlerin de büyük farklılıklar ortaya çıkarmaktadır. Ortaya çıkan en önemli yöntemler; emdirme, püskürtme, köpük, kaplama, laminasyon ve plazma teknolojileridir[49].

Bugün gerek ülkemizde gerekse dünyada her yıl binlerce insan ev yangınları yüzünden hayatını kaybetmektedir. Güç tutuşurluk bitim işlemi bu sebepten dolayı tekstil materyallerinde uygulanması gereken önemli bir terbiye işlemidir. Yangın ortamında, yangının yayılmasına en büyük etkiyi tekstil materyalleri gösterir. Toplu yaşam alanlarında (sinema, tiyatro, ulaşım araçları vb.) kullanılan tekstil materyalleri, çocuk ve bebek giysileri, yataklarda kullanılan ev tekstil ürünleri, teknik tekstil gibi insan hayatını direkt olarak etkileyecek materyaller güç tutuşur olmak zorundadır. Güç tutuşurluk maddelerde kullanım yerine ve fonksiyonlarına göre farklılık göstermektedir. En belirgin sınıflandırma, yıkamaya dayanıklı ve yıkamaya dayanıksız kapsar. Sinema perdeleri, döşemelik kumaşlar gibi tekstil materyalleri yıkama işlemine fazla maruz kalmadıkları için yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk maddelerle uygulanması mümkündür. Ancak günlük kullanım kıyafetleri

gibi materyaller çok sık yıkandığı için yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk maddeleriyle işlem görmek zorundadırlar [50-54].

Tekstilde güç tutuşurluk işlemleri 1950-1980 dönemi içinde hem doğal hem de yapay liflerin alev performanslarını geliştirmek amacıyla araştırılmış ve geliştirilmiştir. Son 30 yıldır ise kullanılan maddelerin çevresel ve zehirli özelliklere sahip ürün ve yöntemlerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yakın bir geçmişte en önemli gelişmeler polimerlerin içine fonksiyonelleştirilmiş nano killerin dahil edilmesi, formaldehidsiz ve antimon bileşikleri, bor bileşikleri gibi ekolojik maddelerin kullanımları olmuştur[55- 58].

### II.3.1. Yanma Olayı

Maddeler ısıya maruz bırakıldıklarında ısınmaya başlarlar ve yeteri kadar ısındıklarında havadaki oksijen ile birleşerek tutuşurlar.

***Yanma işlemi***, bir alev kaynağıyla temas halindeyken tutuşmaya hazır olan bir madde (yani yanıcı madde) ile oksijeninin reaksiyonu olarak tarif edilebilir.

***Yanma*** ise, yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığına ısıtıldığında oksijenle verdiği ekzotermik zincirleme reaksiyondur. Yanma, ısı ve ışık üreten hızlı oksidasyondur.

Herhangi bir organik malzemede yanma olayı 4 basamakta meydana gelmektedir. Bu basamaklar tekstil ürünleri için de geçerli olup bunlar:

1. Ürünün ısınması
2. Makro moleküllerin termik olarak parçalanması (piroliz)
3. Tutuşma
4. Yanma ve yanmanın ilerlemesi

Belirli bir enerji verilmesi durumunda, ürünün ısınması yani yüzey sıcaklığının artması o ürünün bazı termik özelliklerine (özellikle ısı, ısı iletkenliği, erime ve buharlaşma ısı) bağlı olarak değişir. Yüzey sıcaklığı belirli bir noktaya ulaştığında piroliz başlamaktadır[60]. Pirolizin yavaş olması durumunda yanıcı gaz karışımı meydana gelmezken, artan sıcaklığın etkisiyle piroliz hızı da arttığından yanıcı gaz karışımı meydana gelmekte ve bir kıvılcımla kendiliğinden tutuşabilmektedir. Yanıcı bir maddenin piroliz reaksiyonu ürünleri sıralanacak olursa [60];

1. **Yanıcı gazlar;** Tutuşmaya neden olan piroliz ürünlerinin %80 ini,

2. **Yanmayan gazlar;** Ateşin soğumasına ve özellikle ağır yanma gazları yanan yüzeyin etrafını sararak hava oksijeni ile temasın azalmasına yardımcı olur.

3. **Yanmayan sıvı parçalanma ürünleri;** Bu ürünlerin buharlaşma ısısı sıcaklığın düşmesine yardımcı olur. Su buharı ve karbondioksit gibi yanıcı olmayan gazlar da yalnızca % 20 sini oluşturmaktadır.

4. **Katı kömürleşme artıkları;** Yanıcı gazların dışarıya difüzyonunu azaltır ve ısı izolasyonu sağlayarak termik parçalanmayı yavaşlatır.

Yanma üç girdinin sonucu olarak oluşur. Isı, alev kaynağı ve oksijendir. Önemli olan bu üçünün uygun oranlarda bir araya gelmesidir. Çünkü ancak bu durumda yanma gerçekleşir. Yanıcı madde oksijenli ortamda tutuşma sıcaklığına kadar ısıtıldığı zaman alev alarak yanmaya başlayacaktır, yanma işlemi ortamda yanıcı madde ve oksijen kalmayınca kadar devam eder. Tutuşma, ısı açığa çıkmasına ve bu ısı da polimerin pirolizine neden olmakta ve dolayısıyla yanma devam etmektedir. Yanma karbon, oksijen ve hidrojen içeren pamuk veya sentetik polimer zincirlerinin kırılmasına ve kırılan zincirlerde düşük molekül ağırlığında, kolay buharlaşan gazların çıkmasına neden olmakta ve bu gazlar kolaylıkla alev bölgesine giderek oksijenle birleşerek yanma şiddetini artırır. Yanma sırasında karbon monoksit (CO) yanında toksik birçok gazda açığa çıkmaktadır. Poliamid ve poliüretan yanması sonucunda hidrojen siyanür (HCN), PVC ve odun yanması sonucunda hidrojenklorür (HCl) açığa çıkar.

Güç tutuşur malzemeler hayat kurtarmak ve yangınları önlemek için kullanılan en ekonomik yoldur. Güç tutuşur kimyasalları tutuşmanın ilk anında kimyasal veya fiziksel olarak katı, sıvı ve gaz fazlarında etkili olurlar.

**Yangın;** katı, sıvı veya gaz halindeki yanıcı maddelerin, kontrol dışında meydana gelen yanma reaksiyonlarıdır Yangının dört unsuru vardır:

1. Yanıcı madde

2. Oksijen

3. Yanıcı maddeyi tutuşma sıcaklığına kadar ısıtacak ısı kaynağı

4. Baştaki üç unsur bir araya gelip oksidasyon başladıktan sonra devreye giren zincirleme reaksiyon.

Yanıcı maddeler (nükleer yanmalar ve metal yangınları hariç) organik bileşiklerdir. Organik bileşikler de güneş enerjisinin özümlemesinden oluşmuş

bitki, hayvan ve insan şeklindeki canlılar ve onların fosilleridir. Sonuçta güneş enerjisinden dönüşerek oluşan yanıcı madde tekrar ısı enerjisine dönüşmektedir.

**Yanıcı madde**, oksijen ve yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmalarını sağlayan ısı enerjisi, yanma reaksiyonuna katılan elemanlardır. Yanmanın oluşabilmesi için yanıcı maddenin mutlaka gaz fazında bulunması gerekir. Katı ve sıvı fazlarda yanma meydana gelmez. Faz değişimi için gerekli olan ısı enerjisi maruz kalan bir maddenin tutuşma sıcaklığına gelerek yanması için yakıt ve havanın uygun oranlarda bir arada olması gerekir. Örneğin doğalgazın hava içerisindeki karışım oranı % 5'ten az, % 15'den fazla olursa yanma gerçekleşmez. Yanmanın gerçekleşeceği karışım oranlarının alt ve üst limitleri arasındaki bölge genişledikçe maddelerin yanıcılıkları artar. Yanıcı maddelerin çoğunun birleşiminde karbon, hidrojen, kükürt, fosfor vardır.

Yanıcı maddeler doğada üç halde bulunur; bu maddeler genel olarak ısının etkisi ile yanıcı buhar ve gaz çıkartmakta ve oksijenle birleştiklerinde yanma olayı gerçekleşmektedir. Bu grupta bazı yanıcı maddeler önce eriyerek sıvı hale gelir ve daha sonra buhar haline gelerek yanarlar (Parafin, mum, katı yağlar). Bazıları ise naftalin gibi doğrudan buhar haline geçerek yanarlar. Bu tip yanıcı maddeler genelde buharlaştıktan sonra yanarlar. Bunların çoğu normal hava ısısında buharlaşırlar. Benzin, tiner gibi sıvı yanıcı maddelerin çıkarmış oldukları buharların çoğu havadan ağırdır. Diğer yanıcı maddelere nazaran daha kolay ve daha hızlı yanarlar. Oksijenle teması getirilmeleri belirli oranlarda olmalıdır. Alt patlama sınırına kadar biriktiklerinde en küçük bir ısı kaynağı, mesela kıvılcım ile patlama meydana gelir.

**Oksijen**, kendisi yanmayan fakat yanmayı gerçekleştiren renksiz, kokusuz, bir gazdır. Gaz halinde oksijen normal şartlar altında 1.4289g ağırlığındadır. Oksijen 51 bar basınçta ve -119 °C' de sıvılaşır. Normal basınçta kaynama noktası 183°C' dir. 1 litre sıvı oksijen 1.118 kg'dır. Normal havada % 21 oksijen, % 78 azot, % 1 diğer gazlar mevcuttur. Havadaki oksijen oranı yanıcı maddelerin oksijen ile reaksiyona girmesi için yeterlidir. Ancak bu oran % 16'nın altına düştüğünde yanma durur. Bazı yanıcıların bünyelerinde yanmayı sürdürecektir kadar oksijen bulunur

**Isı**, maddeleri oluşturan atom veya moleküllerin kinetik hareketlerinin seviyesinde görünen enerji türü olarak tanımlanabilir. Bütün maddeler belli bir ısıya sahiptirler, burada ısının seviyesinin bir önemi yoktur. Isı yükseldikçe maddenin moleküllerinin hareket hızları da o nispette artar. Bu ise maddenin moleküllerinin oksijen ile birleşimlerine imkân verir. Bu olayın adı da yanmadır. Bir maddenin



yanmaya başlaması için çoğunlukla ısıya ihtiyaç vardır. İhtiyaç duyulan bu ısı enerjisi birçok kaynaktan meydana gelmektedir.

Yanma işlemi sırasında, kimyasal reaksiyondan önce var olan maddelere yanma reaksiyonuna girenler ve yanma reaksiyonundan sonra oluşan maddelere yanma işleminden çıkanlar veya yanma ürünleri denir. Bir yangında ki temel yangın ürünleri; ısı, ışık (alev), duman ve diğer gazlardır[62]. Bunlar aşağıda kısaca bahsedilmektedir.

**Isı :** Yangın başlangıcından itibaren yangın mahallinde sıcaklık çok süratli bir şekilde yükselir. Bunun için yangınlarda ilk dakikalar hatta saniyeler çok önemlidir. Zira yangınlarda ilk 5 dakikada sıcaklık hemen 500°C'nin üzerine çıkmaktadır. Sıcaklığın insan yaşamı üzerinde büyük etkisi olduğu ise bir gerçektir. Yüksek sıcaklık insan vücudunda onarılmaz yaralar açar. Derinin yanması ile derinin hemen altında bulunan ter bezleri tahrip olur. Vücutta bulunan toksin maddeler ter bezleri yoluyla dışarı atılmazsa kan zehirlenmesine neden olurlar. Yüksek sıcaklık, dolayısıyla yangınlarda meydana gelen ölümlerin çoğu duman içerisinde bulunan zehirli gazlardan ve yangın esnasında oluşan yüksek harareten (ısı enerjisinin sonucu olarak) meydana gelmektedir. Isı enerjisi yüksek sıcaklık oluşturarak, susuzluk, solunum alanlarında yanma, kalp atışlarında artış meydana getirir. Bu durumda koruyucu elbise giyinmelidir.

**Işık (Alev):** Serbestçe yanan maddelerde alev normal olarak vardır. İnsan vücudunda 1. 2. ve 3. derecede yanıklara neden olur. İnsanlar sıcaklığa karşı (ısı ışınımına) çok duyarlıdır, bu yüzden ısının ışınımı olan alevin etkisiyle yanabilirler. İnsanların ısıdan etkilenmesi ısıya olan uzaklığına bağlıdır

**Duman:** Tamamlanmamış bir yanma olayında açığa çıkan karbon ve katran taneciklerinin havada oluşturduğu bulut kütesidir. Karbon monoksit, karbondioksit, kükürt ve azot oksitler ile su buharından oluşur.

**Yangın gazları :** Yangınla beraber ortaya çıkan gazlar ve özellikleri şu şekildedir:

• Karbonmonoksit (CO): Karbonmonoksit renksiz, kokusuz ve toksik bir gazdır. Kimyasal boğucu bir etkisi vardır. Ağız içi ve solunum yolları gibi yumuşak dokulardan doğrudan doğruya geçebilir.

• Karbondioksit (CO<sub>2</sub>): Karbondioksit renksiz ve kokusuz bir gazdır. Aşırı karbondioksit tenefüsü ölümle sonuçlanabilir.

• Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>): Yanmaz, zehirli ve tahriş edici bir gazdır. Yoğunluğu 2.364 g/cm<sup>3</sup>'tür. Kuvvetli sülfür kokusu vardır. Solunmamalıdır. Bronşitlerden başlayıp akciğerlere yayılan iltihaplanmaya ve çabuk ölüme neden olabilir.

• Hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S): Karbonmonoksitten daha zehirli bir gazdır. Havadan daha ağırdır. Karakteristik tanınması çürük yumurta kokusu iledir.

• Amonyak (NH<sub>3</sub>): Yanar, renksiz, çok keskin kokulu, zehirli, havadan hafif, yoğunluğu 0.9597 g/cm<sup>3</sup> olan gazdır. Suyu eğilimi fazla olduğundan amonyak buharları su spreyi ile atmosferden emilir.

• Hidrojen siyanür (HCN): Çok zehirli yanabilen gazdır. Badem kokulu ve havadan hafiftir. Yoğunluğu 0.697 g/cm<sup>3</sup>'dir. Yanabilme oranı havada %5 ile % 40'tır. %0.3 konsantrasyonu öldürücüdür.

• Akralin (Akrilik Aldehit) (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O): Petrol ürünlerinin yanması sırasında çıkan zehirli gazdır. Havadan ağırdır. Yoğunluğu 1.9 g/cm<sup>3</sup> dür. Yanabilme sınırı havada % 28-31'dir. Bir milyonda on konsantrasyonda öldürücü olabilir.

### II.3.2. Tekstil Materyallerinin Yanması

Katı maddeler ısıtıldıklarında, maddenin kimyasal yapısına göre belirli bir sıcaklıkta fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelir. Termoplastik polimerler camlaşma geçiş sıcaklığında (T<sub>g</sub>), yumuşamaya başlar ve sonra daha yüksek bir sıcaklıkta erir (T<sub>m</sub>). Bazı sıcaklıklarda termoplastik ve non-termoplastik katı maddeler kimyasal olarak bozunur piroliz (T<sub>p</sub>) meydana gelir ve küçük moleküllere ayrılırlar. Kimyasal değişiklikler T<sub>p</sub>'de başlar ve yanmaya (T<sub>c</sub>) kadar devam eder. Bu dört sıcaklık lifin alev dayanıklılığını belirlemede önemli rol oynar. Bir diğer önemli faktör ise LOI değeridir. LOI değeri, Bu maddenin yanması için gerekli olan oksijen miktarıdır. Bu değer ne kadar yüksekse yanma da o kadar zordur[60,63].

**Tablo II.7** Bazı tekstil liflerinin camsı geçis ( $T_g$ ), erime ( $T_m$ ), Piroliz ( $T_p$ ) sıcaklıkları ( $T_c$ ) Sıcaklıkları ve Limit Oksijen İndeksleri ( % LOI ) [63].

LİFLER	$T_g$ °C	$T_m$ °C	$T_p$ °C	$T_c$ °C	LOI %
Yün			245	600	25
Pamuk			350	350	18.4
Viskoz rayon			350	420	18.9
Nylon 6	50	215	431	450	20-21.5
Nylon 6.6	50	265	403	530	20-21.5
Poliester	80-90	255	420-427	480	20-21
Akrilik	100	>220	290	>250	18.2
Polipropilen	-20	165	469	550	18.6
Modakrilik	<80	>240	273	690	29-30
PTFE	126	327	400	560	95
Nomex	275	375	410	500	28.5-30
Kevlar	340		590	550	29
PBI	400		500	500	40-42
Polibenzimidazol					

Termoplastik olmayan lifler fiziksel özellikleri, yüksek sıcaklıklarda önemli derecede değişmeyenlerdir. Termoplastik lifler ise, sabit alevlere tutulunca düşük tutuşma izlenimi göstermekte, Tutuşma izlenimi kumaşın yumuşaması, erimesi, yapısının büzülmesine sebep olur. Termoplastik olmayan lifler, termoplastik lifler ile birlikte harmanlandığında, karışımındaki orana bağlı olarak termoplastik lif kumaşın alevlenmesini arttırıabilir. PES/pamuk karışımlarında eriyen poliester kısmı kömürleşen pamuk üzerine akarak, alevlenmeyi kumaşın diğer kısımlarına aktararak daha kolay tutuşmasını sağlar.

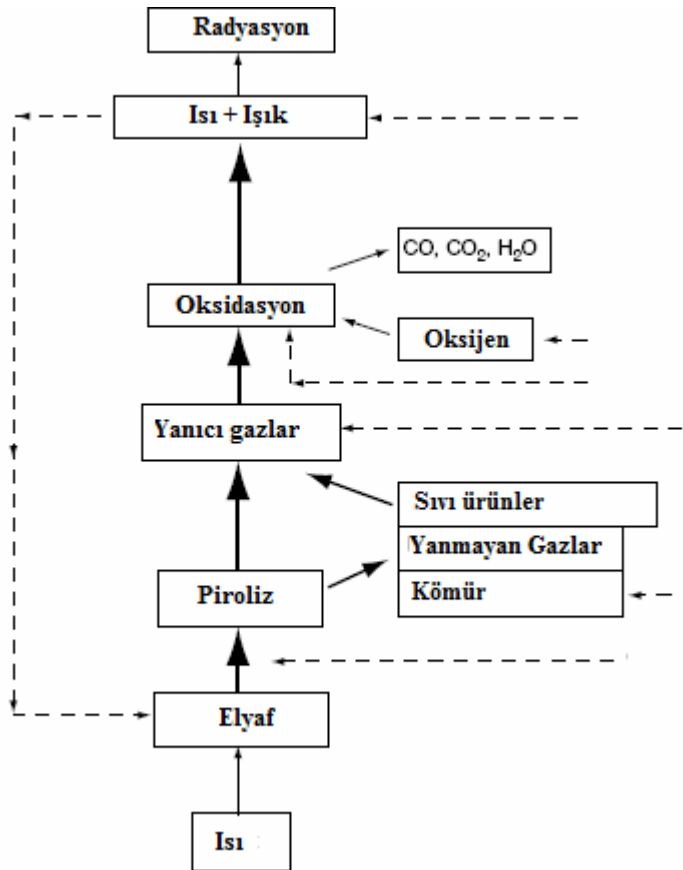
Isı, herhangi bir elyafta  $T_p$  sıcaklığında ısıl bozunmasına yol açacaktır. Eğer uçucular ve gazlar yanabilirse o taktirde yanmada yakıt rolü oynarlar. Uçucular ve gazlar şu maddeleri içerir.

**Tutuşucu uçucular** : Alkoller, aldehidler ve alkanlar

**Tutuşucu gazlar** : Karbonmonoksit, etilen, metan,

**Tutuşmayan gazlar** : Karbondioksit, su buharı gibi [60].

Doğal lifler ısıya maruz bırakıldıklarında; Şekil II.26 da olduğu gibi bir reaksiyon gerçekleştirir.

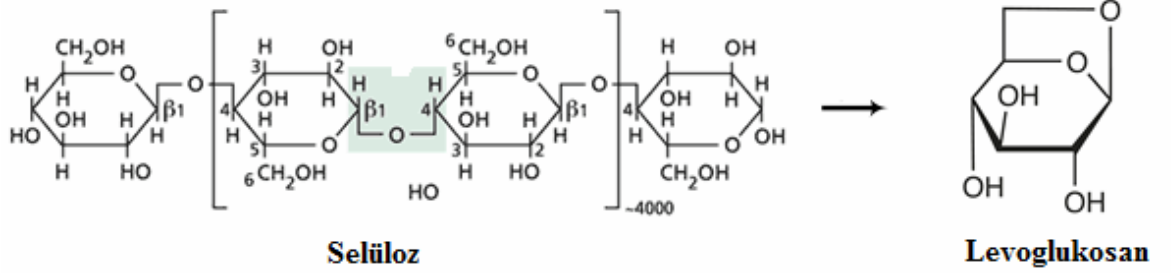


**Şekil II.26** Yanmanın Geri Dönüşüm Mekanizması

Selülozda, ısıl bozunmanın (şekil II.27) iki reaksiyonla olduğu düşünülmektedir. Birinci, ısı dehidrasyonu ile kömür oluşturarak, ikincisi ise (şekil II.28), uçucu olmayan sıvı yakıt levoglukosan depolimerizasyonu ile sağlanır. Levoglukosan ısıl bozunmaya uğrayarak yüksek tutuşucu nitelikli düşük molekül ağırlıklı maddelere ayrılır. Böylece ikinci kömür oluşumu meydana gelmektedir [60,65].



Şekil II.27 Selülozun Isıl Bozunması [63,64,66].



Şekil II.28 Selülozun Isıl Bozunmasında Meydana Gelen Levoglukosan [67].

Sentetik liflerde ise bu mekanizma daha karışıktır. Çünkü her sentetik lif aynı aşamalara sahip değildir. Eriyerek yanma, damlayarak yanma, içten yanma gibi farklı mekanizmalar bulunmaktadır.

## II.4. GÜÇ TUTUŞUR TEKSTİL MATERYALİ ELDE ETME YÖNTEMLERİ

Tekstil materyallerinin ısıya karşı dayanımında üç yöntemden bahsedilebilir.

1. Güç tutuşurluğa sahip yüksek performanslı lifler
2. Güç tutuşur kimyasal maddelerini tekstil materyallerine uygulayarak ve
3. Rejenere veya sentetik liflerin üretiminde yapının modifikasyonu ile sağlanabilir.

### II.4.1. Güç Tutuşurluğa Sahip Yüksek Performanslı Lifler

Yüksek performanslı liflerden istenilen özellikler, dayanıklılık, parlaklık, hızlı üretilebilirlik ve güvenilirdir. Yüksek performanslı ve ısıya dayanıklı lifler bu özellikleri karşılayacak şekilde üretilmişlerdir. Yüksek performanslı lifler kendilerine özgü spesifik fiziksel özelliklerle üretilmektedir. Bunlar genellikle mukavemet, aleve dayanıklılık, güç tutuşurluk gibi özelliklerinden en az birinde yüksek değerlere sahiptirler. Normal lifler binlerce hatta milyonlarca kilogram üretilirken, yüksek performanslı lifler daha düşük miktarlarda üretilmektedirler. Uygulamalar biomedikal, yapı, sivil mühendislik ve jeotekstilleri içine alır. Alev ve ısı dayanımları, liflerin kullanım şartlarını belirleyen en önemli özelliklerdir [68,69].

Günümüzde teknik tekstiller küresel bir endüstridir. Dünyada yaygın olarak teknik tekstiller kullanılmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika bu tekstillerin en büyük tedarikçileridir. 1990'dan bugüne kadar bu tekstil liflerinin üretiminde önemli rol oynamaktadırlar.

**Meta-aramid:** Piyasaya sürülen ilk aramid lifdir. Du Pont firması tarafından 1967'de NOMEX® adı altında tanıtılmıştır. Teijin firması ise aynı lifi 1970'lerde CONEX® olarak piyasaya çıkarmıştır. Rhodia firması tarafından tanıtılan KERMEL® ise yine meta-aramid sınıfına giren bir poliamid lifdir.

Bu meta-aramid lifler tekstil pazarında ısıya dayanıklı lifler olarak bilinirler. Doğal olarak; yapılarındaki güçlü C-H bağları içeren aromatik yapıları nedeni ile güç tutuşur liflerdir. Nomex® lifi 370°C gibi yüksek bir sıcaklığa kadar dayanım özellikleri gösterir. Yanıcılıkları düşüktür ve alevden çekildiklerinde kendi kendilerine sönerler.

Aramid lifleri alev maruz bırakıldıklarında erimeye, renk değiştirmeye başlarlar. Ayrıca yanma sırasında az miktarda duman açığa çıkarırlar. Aramid lifleri için LOI değerleri % 30-32 arasındadır[68,69,70].

**Para-aramid:** 1970'lerde DuPont firmasının raporlarına göre; likit kristalin ozeltlerinden oluşan para-aromatik zincirli poliamidler yüksek performanslara sahiptirler. En yaygın kullanılan liyotropik aramid lifi polipropilen terafitalamid (PPTA) olarak bilinen DuPONT firması tarafından KEVLAR<sup>®</sup>, Teijin tarafından TWARON<sup>®</sup> olarak tanıtılan liftir.

PPTA elik yelek, uzay giysileri, kablo gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kullanıldığı sıcaklık 190°C'nin stunedir. 400°C civarında bozunmaktadır ve bu sıcaklıkta erimemektedir. PPTA indirgenme sırasında erimez ancak camlaşır. Alevden çekilince yanmaya devam etmez. 450°C'de kmrleşir. PPTA'nın LOI değeri %28-30 arasındadır[72].

**Kopolimer para-aramid:** Para-aramid lifleri yüksek dayanıma sahiptirler Ancak kimyasal dayanımlarında problem vardır. Homopolimer para aramidler güçlü asitlerde zayıf dayanıma sahiptirler. Poliparafenilterefitalamid (PPTA) klor gazı ile ağartılamaz. 1985'te Teijin Technora<sup>®</sup> lifi ile yüksek performanslı lif pazarına girmiştir. Technora 1:1 kopoliterafitalamid, 3,4' diamainodifenileter ve fenildiamin bazlıdır.

Technora<sup>®</sup>'nın kimyasal dayanımı PPTA'dan daha iyidir. Kopolimer para aramidlerin buhar dayanımı, aşınma dayanımı gibi birçok kullanışlı özelliklere sahiptir. Technora<sup>®</sup> 500°C civarında bozunur. 200 ve 250°C civarında rahatlıkla kullanılır. LOI değeri % 25'tir.

**Poli-benzazol:** p-fenilen-heterosiklik sert yapı polimer ailesindedir ve poli(p-fenil-2-6-benzobistiazol) PBZT, poli(p-fenil-2-6-benzobisokzaol) PBO içeren zincir polimerlerden oluşur.

PBO çok yüksek alev dayanımına sahiptir ve alevden çekildiğinde kendi kendine snme özelliğine sahiptir. Yüzeylerinde koruma sağlayan karbon oluşumu meydana gelir. PBO'nun LOI'ı (% 68) diğer aramid liflerinden oldukça yüksektir. PBO'nun yanması sonucu karbon oksit ve suyun yanında az miktarda azot oksit, siyanür, sülfür gibi zehirli gazlar açığa çıkar[69].

**Polibenzimidazol:** PBI aromatik bis-o-diaminlerden ve dikarboksilatlardan elde edilir. PBI son 30 yıldır üzerinde en çok üzerinde durulan liflerdir. PBI lifi

Celanese (USA) tarafından üretilmektedir. PBI lifinin en yaygın uygulamaları koruyucu giysiler, alev engelleyiciler ve uzay giysileridir.

PBI yüksek camlaşma geçiş sıcaklığına sahip (450°C) termoplastik bir polimerdir. PBI havada yanmaz ve alevden çekildikten sonra yanma sonlanır. Alev ya da yüksek sıcaklıklarda yüzeyinde yüksek miktarda karbon oluşturur. Karbon oluşumundan sonra materyal esnekliğini kaybetmez. LOI değeri % 41'dir. Bozunma sıcaklığında çok az miktarda duman açığa çıkarır. Bu sıcaklıklarda PBI yanması sonucu karbon oksit ve suyun yanında az miktarda azot oksit, siyanür, sülfür gibi zehirli gazlar açığa çıkar [69].

**Polipiridobisimidazol:** Polipiridobisimidazol sert yapı polimer grubu içinde en yeni sentezlenen üründür. PIPD komşu zincirler arasında hidrojen bağı oluşturma yeteneğine sahiptir. PIPD M5 olarak da bilinir ve bu lifin potansiyel uygulamaları; kişisel korunma, alev dayanımı, kompozit materyaller ve teknik kumaşlardır.

Poli (2,6-diimidazo (4,5-b:4', 5' -e) piridinil 1,4 (2,5-dihidroksi)fenil (PIP) diğer sert yapı polimerler gibi yüksek güç tutuşurluğa sahiptir. PIPD, alevden çekildiği zaman yanmaya devam etmez, kendi kendini söndürür. LOI'ı %50 dir. PIPD mükemmel güç tutuşurluk özelliğe sahiptir. PIPD yalnızca lif yüzeyinde karbon oluşturur. PIPD'nin kristal yapısında bulunan %21'lik su miktarına bağlı olarak yüksek güç tutuşurluk özelliğinin olduğu düşünülmektedir[69,73].

**Uzayabilen karbonlu lifler:** Daha az katı karbonizasyon koşulları kullanılarak, yeni bir karbon lif teknolojisi geliştirilmiş ve tekstil lifinin özellikleri iyileştirilmiştir. Bu lif DOW (USA) tarafından piyasaya sürülmüştür.

Uzayabilen Dow lifleri (EDF) çok iyi güç tutuşurluk ve alev engelleyici özelliklere sahiptir. LOI değerleri % 45-55 arasındadır[69,75].

**Karbon lifleri:** Karbon liflerinin en büyük uygulaması polimerik matris kompozitleridir. Toho tenax (Japonya) BESFİGHT adı altında, Toray(Japonya) TORAYCA® adı altında üretilmiştir. Karbon lifleri yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, erime sıcaklıkları 4000°C' dir. [69,75].

**Cam ve seramik esaslı lifler:** Cam ve seramik esaslı lifler , özel cam lifleri ve dayanıklı seramik liflerinden oluşmaktadır. Bu lif güç tutuşur bir liftir.

**Cam lifleri:** Bu lifler değişik yumuşama sıcaklığına sahip bileşenlerden oluşur. Yumuşama sıcaklığı 650-970°C aralığındadır. 850°C civarında polikristalin materyal oluşturur ve 1225-1360°C'de erir. Buda alevi birkaç saat engellemek için yeterlidir[69,75].



**Seramik lifleri:** Bu lifler çoğunlukla 1000°C civarındaki ısı ve aleve dayanıklı lifler olarak kullanılır. Polikristalin ve amorf bölge oranlarına göre karakterize edilir. Kaolin bazlı bileşikler (1050°C) ve zirkonyum içeren bileşikler (1425°C) katıldığında kullanım sıcaklıkları artmıştır[69,75].

**Sülfür içeren lifler:** Polifenilensülfür (PPS)nin kimyasal yapısı nedeni ile hiçbir standart polimer sınıfına girmez. PPS lifleri Phillips Petroleum Co. tarafından RYTON® adı altında piyasaya sürülmüştür. Toyobo (Japonya) tarafından ise PROCON® ticari adı olarak üretilmiştir. PPS liflerinin uygulamaları; ısıya ve kimyasala dayanıklı lifler, kağıttan yapılmış keçeler, koruyucu giysilerdir. İyi güç tutuşurluk özellikleri gösterirler. LOI değeri % 40'tır[69,76].

**Fenolik:** Fenolik lifler fenol-aldehit liflerdir ve asit katalizeli çapraz bağlar ile oluşmuşlardır. Bu lifler % 76 karbon, % 18 oksijen ve % 6 hidrojen içerirler. Nippon Kynol Inc (Japonya) tarafından KYNOL® ismi ile piyasaya sunulmuştur. Aleve ve kimyasallara dayanıklı lif olarak, kompozitlerde, friksiyon materyallerde kullanılırlar. LOI değeri % 30- 34 olarak belirtilmiştir. Aleve maruz bırakıldıklarında erimezler ama orijinal lif yapıları bozulmadan tamamen karbonlaşırlar.

**Melamin:** Melamin lifleri BASF(Almanya) tarafından BASOFİL® adı altında piyasaya sunulmuştur. Kopma dayanımlarının az olması, üretim zorluğu gibi nedenlerden dolayı melamin lifleri genelde aramidler gibi güçlü liflerle karıştırılırlar. Para-aramidler ile karıştırılan lifler itfaiye kıyafetlerinin dokunmasında kullanılır[69,77].

LOI değerleri % 30-32 arasındadır. Basofil® lifi iyi ısı ve alev dayanımı gösterir. Oluşan ana gazlar karbon oksitler, su, nitrik oksitler ve az miktarda hidrojen siyanürdür.

**Fluorokarbon:** Fluorokarbon lifleri politetrafluoroetilen (PTFE) bazlıdır. Karbon-fluor bağları güçlüdür ve polimerin ısı ve alev dayanımı destekler. LOI'ı % 95'tir. PTFE lifleri DuPont firması tarafından TEFLON® olarak üretilir[69,78].

#### II.4.2. Tekstil Materyallerinde Güç Tutuşurluk Mekanizması

Güç tutuşurluk kimyasalları uçak, gemi, otomobil gibi taşıt araçlarında kullanılan tekstil mamullerin; askeri personel, itfaiyeci, pilot ve diğer meslek çalışanları için üretilen iş elbiselerine, özellikle çocuk gecelik ve pijamalarına, çadır ve branda bezlerine, kamuflaj ağları, paraşüt bezi gibi malzemelere, dekorasyon malzemelerine güç tutuşur özellik vermek amacıyla kullanılmaktadır.

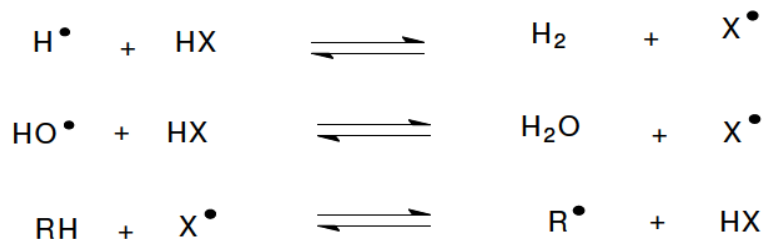
Farklı tiplerdeki güç tutuşurluk maddeleri çeşitli mekanizmalarla ve yanmanın çeşitli aşamalarında yanmayı önlemektedir. Aşağıda güç tutuşurluk mekanizmaları ve bu mekanizmada etkinlik gösteren güç tutuşurluk maddelerinin çalışma prensipleri verilmiştir.

- **Gaz Fazı (Buhar Fazı) Mekanizması**

Halojen esaslı güç tutuşurluk maddeleri gaz fazında çalışırlar. Bu faz, zincir dallanma reaksiyonlarını önleyerek materyalin yanma prosesini engelleme prensibine göre çalışır. Gaz fazı, atmosferdeki oksijen vasıtasıyla yanmış yakıt miktarındaki azalmayla ve yanıcı yakıt oranındaki ısıya bakılarak tanımlanabilmektedir. Yanıcı yakıt miktarı değişmeden kalacaktır. Diğer bir deyişle, pirolitik proses, yanma durumundakinin tersine değişmeden kalmalıdır.

Güç tutuşur kısım uçucu olmak zorundadır. Çünkü alevdeki yanma reaksiyonlarının engellenmesi güç tutuşur maddenin gaz fazında olmasıyla mümkün olabilmektedir. Piroliz olmuş polimerlerin havayla reaksiyona girmeleri sonucunda yanmayı geliştirici zincir dallanma reaksiyonları meydana gelmektedir[79-84].

Halojenli güç tutuşurluk maddeleri, oksijen ve karbon monoksitle reaksiyonu sonucundaki hidrojen ve hidroksil grupları içeren serbest radikallerin oluşumunu önleyerek zincir reaksiyonlarını engellemektedir. Radikallerin oluşmasının durdurulmasıyla, ekzotermik oksidatif yanmanın kimyasal proses düzeni bozularak yanma engellenmektedir. Şekil II.29'de, gaz fazı mekanizmasını göstermektedir.



**Şekil II.29** Buhar Faz Mekanizmasını

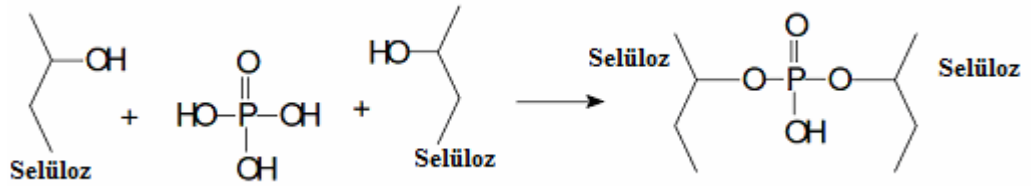
- **Kondenzasyon Fazı**

Kondenzasyon fazındaki güç tutuşurluk kimyasalları, pirolitik yolun değiştirilmesiyle oluşan yanıcı gaz miktarında azalmaya neden olurlar. Buna karşılık olarak, genellikle karbon kömürü, su ve karbon dioksit oluşmaktadır. Kömür gibi inert izole edici maddeler, gazları azaltıcı olarak görev yapar. Kömür, lifi korumak

amacıyla bir ısı ve kütle akış bariyeri oluşturur. Karbon stabilize edilmiştir ve yanıcı gazlara dönüşmesi önlenmiştir. Dehidrasyon ve çapraz bağlanma, kondenzasyon fazı mekanizmasında çalışan güç tutuşurluk maddelerinde rol oynayan iki önemli prosestir. Bunların, selüloziklerde ve sentetiklerde oluştuğu bilinmektedir[85].

Uygulanan güç tutuşurluk maddesinin ne kadar etkili olacağı polimerin dehidrasyon ve kömür oluşum eğilimine bağlıdır. Çapraz bağlanma derecesi polimerin yanabilirliğinin azalması üzerinde etkilidir.

Fosfor esaslı güç tutuşurluk maddelerinin selüloz, Nylon ve poliester gibi oksijen içerikli tekstillerde etkili olduğu görülmüştür. Şekil II.30'da görüldüğü gibi, çapraz bağlanma ve karbon kömürü oluşumu prensibine göre çalışırlar. Isıl bozunma süresince, fosfor bileşikleri fosforik aside dönüştürülür. Fosforik asit sonra, yanan materyalin kömür oluşturmasıyla suyu uzaklaştırır. Bazı fosfor bileşiklerinin gaz fazında çalıştığı görülmüştür; ancak büyük çoğunluğu kondenzasyon fazında çalışmaktadır[89].

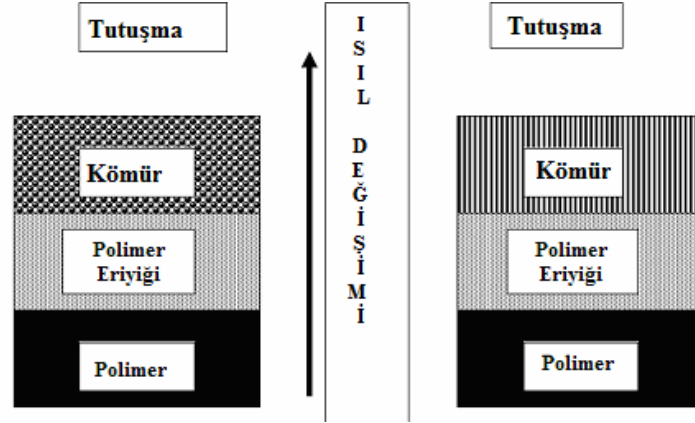


**Şekil II.30** Fosfor Esaslı Güç Tutuşurluk Maddesinin Selüloz ile Çapraz Oluşumu

- **Kömür Oluşumu**

Kömür oluşumu, polimer yüzeyinin bozunmasını önleyen bariyer oluşturarak (kütle ve ısı transferini kontrol ederek) alev oluşumunu geciktirir. Diğer bir deyişle, kömür, alevde mevcut olan yakıt miktarını azaltarak alev oluşumunu geciktirmeye yardımcı olur. Materyalin bozunmasını önleyici kömürleşme derecesi, yanıcı gazların açığa çıkması gibi diğer bozunma mekanizmalarına kıyasla kömürün ne kadar hızlı oluştuğuna bağlıdır. Yanıcı gazların azaltılmasına yardımcı olan suyun açığa çıkması kömür oluşumu süresince meydana gelmektedir. Kömürün fiziksel ve kimyasal yapısı ve miktarı güç tutuşur maddenin etkisi üzerinde kritik bir öneme sahiptir. Kanallı ve çatlaklı bir yapı ideal değildir. Kömür yapısı, polimeri bozunma sıcaklığının altında koruyan ve uçucu maddelerin alev ulaşmasını önleyen gazlardan oluşan kapalı

hücrelere sahip olmalıdır. Şekil II.31 ideal ve zayıf bir kömür yapısını göstermektedir. İdeal şekil kapalı ceplerden oluşurken zayıf olan kanallı bir yapıdadır[81,82,].



İdeal Kömür yapısı

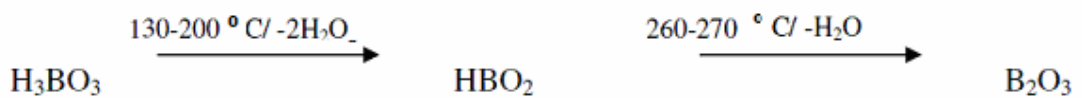
Zayıf Kömür yapısı

Şekil II.31 İdeal ve Zayıf Kömür Yapısı [82,91].

- **Kondenzasyon Faz ile Buhar Fazının Kombinasyonu**

Fiziksel etki olarak tanımlanan üçüncü mekanizma, kondenzasyon fazının ve gaz fazının kombinasyonudur. İnorganik güç tutuşurluk maddeleri, bu yöntemi kullanarak çalışan güç tutuşurluk maddelerinin temel grubudur ve polimerde ağırlıkça %60'a varan miktarlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Birincil etki yanıcı olmayan katmanın oluşması veya yanıcı materyalin azaltılmasıdır. Kaplama etkisinde, cam veya kömür koruyucu katmanı yanıcı gazları engeller ve materyal için yalıtkan bir bariyer oluşturur. Pamukta kullanılan bor türevleri bu mekanizma ile çalışır. Dehidrasyon şekil II.32'deki gibi oluşur.

Fiziksel etkinin azaltılması polimerin amorf bölgelerinin ve gözeneklerinin doldurulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu, piroliz sıcaklığına ulaşmak için daha fazla ısıya ihtiyaç duyulmasına neden olacaktır. Piroliz için mevcut olan ısının azaltılması nedeniyle yanıcı gazların miktarı düşürülecektir, bu şekilde polimerde güç tutuşurluk etkisi sağlanacaktır. Alüminyum, kil, çinko oksit bu mekanizmada çalışan dolgu maddelerine örneklerden sadece birkaçıdır [81,92,].



Şekil II.32 Borik Asidin Dehidrasyon

#### II.4.2.1. Güç Tutuşurluk Maddeleri

Güç tutuşurluk maddeleri kimyasal gruplarına göre 4'e ayrılırlar. Anorganik tuzlar (alüminyum trioksit, magnezyum hidroksit), azot esaslı organikler, organofosfor (fosfat esterleri) ve halojen güç tutuşurluk maddeleridir. Tablo II.8'de liflere uygulanan bazı güç tutuşur maddeler verilmiştir.

**Tablo II.8** Bazı Güç Tutuşurluk Maddeleri ve Kullanıldıkları Lifler [93].

<b>Güç Tutuşurluk Maddeleri</b>	<b>Kullanıldıkları Lifler</b>
Tetrakis(hidroksimetil) fosfonyum hidroksit Tris hidroksimetil fosfor Tris(hidroksimetil) fosfor oksit Tetrakis(hidroksimetil) fosfonyum amonyum hidroksit	Pamuk
Amonyum sülfamat	Keten
Organik borat fosfat Fosfonyum tuzu Organik fosfat	Viskoz
Antimon-brom bileşikleri Antimon pentaoksit ( $Sb_2O_5$ ) Anorganik tuzlar Organik halojenler Organik fosfor bileşikleri	PES/Pamuk
Antimon Klorlanmış bileşikler Organik halojen Organik fosfat Fosfonat	Poliester

Güç tutuşurluk maddeleri yıkamaya karşı göstermiş olduğu dayanıklılığa göre; yıkamaya dayanıksız (Diamonyumfosfat, boraks, borik asit, amonyum sülfat, amonyum bromür gibi), yıkamaya yarı dayanıklı (Halojen içerikli polivinildenklorür gibi yüksek oranda klor içere yada brom içeren organik bileşikler ve antimon-trioksit ile birlikte kullanılan maddeler) ve yıkamaya dayanıklı (Fosfor-azot bileşikleri veya tetrahidroksimetilfosfonyumklorür bileşiklerinin melamin ve bunların metilol türevleri ile birlikte uygulanan maddeler) olmak üzere sınıflandırılabilir[93].

#### II.4.2.2. Anorganik Güç Tutuşurluk Maddeleri (Yıkamaya dayanıksız)

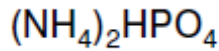
Anorganik güç tutuşurluk maddeleri genellikle metal hidroksit ve oksitleridir. Selülozlar için mükemmel güç tutuşurluk özellikleri sağlamasına rağmen, giyim amaçlı kullanımda yıkama dayanıklılığı yoktur. Anorganik güç tutuşurluk maddeleri içinde magnezyum hidroksit;  $Mg(OH)_2$ , alüminyum hidroksit;  $Al(OH)_3$  en önemli anorganik güç tutuşurluk maddeleridir. Yanma sırasında düşük toksik madde, az

duman çıkışı, ucuz maliyet, anti korozyon ve düşük emisyonla sahip olması bu maddeleri önemli kılar. Magnezyum hidroksit ve Alüminyum hidroksit, etilenvinilasetat kopolimeri ile birlikte kullanılarak halojen içermeyen güç tutuşurluk etkisi sağlar. Her iki maddenin güç tutuşurluk etkisi, ve kopma mukavemeti ve kopma uzama değerleri benzerdir. Bu maddeler toz halinde bulunur. Bu maddelerin partikül büyüklüğü ve dağılımı hem güç tutuşurluk hemde fiziksel özelliklerini etkiler. Mikro yada nano boyuttaki gelişmeler sayesinde sentetik materyaller içinde güç tutuşurluk maddesi olarak kullanılabilirler.

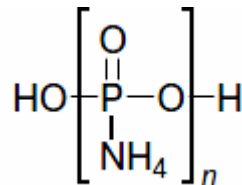
**Magnezyum hidroksit;  $Mg(OH)_2$**  Bozunma sıcaklığının  $300^{\circ}C$  olmasından dolayı yüksek sıcaklıkta işlem görecektir plastikler için kullanılır.

**Alüminyum hidroksit;  $Al(OH)_3$**   $200^{\circ}C$ 'de alüminyumoksit'e dönüşür ve uygulandığı materyalin alev almasını engeller. Ayrıca su açığa çıkararak alevin soğumasını sağlar[91].

Bu maddelerin dışında bazı fosfat içerikli tuzlarda (diamonyumfosfat ve amonyumfosfat gibi) yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk özellik kazandırılır (şekil II.33 ve şekil II.34).



**Şekil II.33** Diamonyumfosfat



**Şekil II.34** Amonyumfosfat

**Bor bileşikleri (Yıkamaya dayanıksız):** Kimyasal olarak ametal bir element olan kristal bor, normal sıcaklıklarda su, hava ve hidroklorik/hidrofluorik asitler ile asal davranış göstermekte olup sadece yüksek konsantrasyonlu nitrikasit ile sıcak ortamda borikasit'e dönüşebilmektedir.

Öte yandan yüksek sıcaklıklarda saf oksijen ile reaksiyona girerek boroksit ( $B_2O_3$ ), aynı koşullarda azot ile bornitrür (BN), bazı metaller ile magnezyum borit

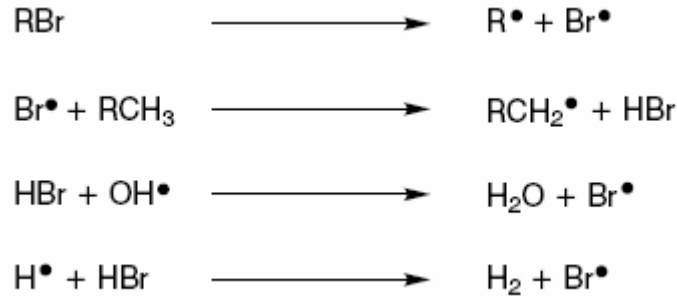
(Mg<sub>3</sub>B<sub>2</sub>) ve titanyumdiborür (TiB<sub>2</sub>) gibi endüstride kullanılan bileşikler oluşabilmektedir[91,94,95].

Bor'un kendisinin oksit olması, ergime sıcaklığının 230<sup>0</sup>C olması nedeniyle yanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı yanmayı önleyici madde olarak kullanılır ve malzemelerin içerisine değişik oranlarda katılır. Özellikle, çinkoborat, boraks, amonyum fluorborat ürünleri olan yangın önleyiciler antimon-trioksit ile birlikte kullanıldığında dumanın emilme hızını uzattığı, kor halindeki ateşi çabuk bastırdığı bilinmektedir. Ancak maliyetleri, alüminyum trihidrat, magnezyum hidroksit bileşimli olan yangın önleyicilere nazaran daha yüksektir.

Borik asit ve boratlar, selülozik materyallerin aleve karşı dayanıklılığını sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler. Aleve dayanıklı madde olarak selülozik yalıtım maddelerinin kullanımı borik asit talebinin artmasına yol açmıştır. Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinkoborat, baryum metaborat, bor fosfatlar ve amonyum fluoroborat gelir. Güç tutuşurluk maddesinin uygulanması, materyali sıcakta yanmayan gazlarla kaplayıp yanmanın devamını durdurmak veya yanıcı gaz ürünlerinin çıkmasını azaltmak şeklinde olabilir. Yıkama sonunda etkisi kaybolan sekonder amonyumfosfat, boraks/borik asit, amonyumsülfat, amonyumbromür, amonyumamidosülfonat, alkil fosfatasidiesteri amonyum tuzları bu amaçla kullanılmakta bu maddeler yanma sırasında genellikle havadan ağır olan amonyak gazı verdiğinden ve kumaşın hava ile temasını kestiğinden yanmayı güçleştirici rol oynar.

Birden fazla fonksiyonu olan güç tutuşur malzeme; malzeme üzerine camsı bir kaplamanın oluşmasını, ayrıca kömürleşmeyi sağlar.

***Halojen esaslı güç tutuşurluk maddeleri (Yıkamaya yarı dayanıklı)*** : Klor ve brom gaz fazında hidrojen ve hidroksil gibi serbest radikallerin yerini alan başka serbest radikaller oluşturur. Serbest halde bulunan hidrojen ve hidroksil radikalleri zincir reaksiyon mekanizmasını gerçekleştirdiği için yanma bu serbest radikallerle meydana gelir. Oluşan halojen radikalleri bu mekanizmayı zincir reaksiyonunu bozarak etkisiz hale getirir. Antimon ve fosfor, halojen radikallerinin etkinliğini artırır. Oluşan Cl ve Br gaz fazında oluşan OH ve H radikallerini alarak HBr veya HCl açığa çıkarırlar (Şekil II.35) [91,93, 95].



**Şekil II.35** Halojen Esaslı Güç Tutuşurluk Maddelerde Radikal Reaksiyonu [93,95].

***Halojen güç tutuşurluk ve antimon arasında sinerjik etkileşim olan maddeler (Yıkamaya yarı dayanıklı) :*** Antimon trioksit; yalnız başına güç tutuşur özelliği yoktur. Antimon trioksit, halojenli maddelerle birlikte kullanıldığı takdirde katalik etki görevi görerek halojenli maddeleri aktive eder. Klor ve brom halojenleri genellikle antimon ile sinerjik bir sistem oluşturur. Antimonun ilavesi ile güç tutuşurluk etkisi artar. Poliester, poliamid ve poliolefinlerin güç tutuşurluk işlemlerinde tercih edilen bir maddedir. Bu sinerjik etki ile hem gaz fazı hemde kondenzasyon fazı meydana gelir. Antimonoksit olarak  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  veya  $\text{Sb}_4\text{O}_6$  kullanıldığında sinerjik sistemde gaz fazı etkisi sağlar. Antimon halojen bileşiğinin kumaş yüzeyinde bariyer olarak işlevlik yaptığına inanılmaktadır [91,96].

#### **II.4.2.3. Fosfor Esaslı Maddeler (Yıkamaya dayanıklı maddeler)**

Fosfin, kırmızı fosfor, fosfat, fosfinoksit ve fosfonatlar, fosfor bileşikleri olarak kullanılan güç tutuşurluk maddeleridir. Fosfor içeren güç tutuşurluk maddeleri genellikle yoğunlaşma fazı olarak çalışır. Fosfor içerikli güç tutuşurluk maddelerinin poliüretan köpüklerde etkisi bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda fosforun kömürleşme etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Fosfor içeren malzemeler yüksek sıcaklıkta fosforik asite dönüşürler. Fosforik asit pamuğun kömürleşmesini sağlayarak, kumaş yüzeyinde karbon tabakası oluşturur. Böylece oksijen kalmadığı için yanma durur, pirolizi engeller. Genellikle fosfor esaslı güç tutuşurluk maddeleri sentetik liflerde özellikle poliester ve poliamid liflerinde kullanılmaktadır. Uygulama prosesi emdirme-kurutma-fiksaj ve yıkama ile tamamlanır. Fiksaj sırasında özellikle poliester lifi şişer ve gözenekleri açılır, güç tutuşurluk maddesi liflerine içine girer. Soğuma sırasında ise güç tutuşurluk maddesi % 25-50 arasında lif içinde kalır[93].



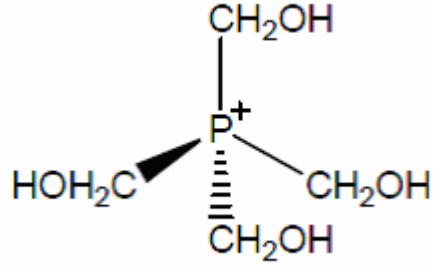
Çoğunlukla fosfor bileşikleri yoğunlaşma fazı ile gerçekleşir. Poliüretan polimeri hem yoğunlaşma hem de gaz fazında çalışma gösterir. Kırmızı fosforun hem gaz hem de yoğunlaşma mekanizmasını gösterdiğine inanılır.

Azot türevleri fosfor ile birlikte kullanılarak güç tutuşurluk özelliği sağlar. Azot bileşikleri kullanılarak fosforun tekstil materyalindeki bağlanması geliştirilir ve güç tutuşurluk özellikleri artırılır. Yapılan çalışmalarda azotun neden fosforun güç tutuşurluğunu nasıl geliştirdiği üzerinde çeşitli teoriler öne sürülmüştür. ***Teorilerden biri fosfor-azot ara ürününün daha iyi fosforlayıcı madde olduğudur. Diğer bir teori ise azot, amonyak gibi inert gazları ortaya çıkararak fosforun oksidasyonunu sağlar. Üçüncü teori azot kondenzasyon fazından, fosforun buharlaşarak uzaklaşmasını yavaşlatmaya yardım ediyor.***

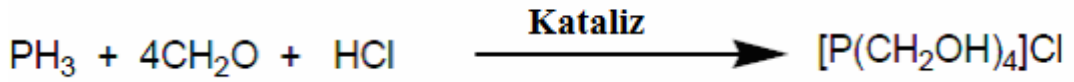
Kırmızı fosfor azot yardımcı olmaksızın etkili olarak görünen sistemlerden biridir. Bu sistemin, az miktarların gerekli olması, proses süresince dayanıklı olması ve yüzeyin mekanik ve elektriksel özelliklerindeki etkisinin önemsiz olması gibi birtakım potansiyel avantajları bulunmaktadır. Ancak, kırmızımsı-kahve renkleri içeren kırmızı fosforun kullanımının bazı potansiyel dezavantajları da bulunmaktadır. Partikül formu eğirme süresince problemle sonuçlanabilmektedir.

Poliüretan köpükteki penta-BDE'lerin yerine kullanılması amacıyla Tris(klorpropil)fosfat (TCPP) önerilmiştir. Bu ürün çeşitli izomerlerin karışımıdır. Bu maddelerin en büyük dezavantajı kanserojen yapıya sahip olmasıdır. Aromatik fosfatlar, ev mobilyalarında kullanılan diğer bir güç tutuşurluk maddesidir[91,95,97].

***Hidroksimetilfosfonyumklorür (THPC)*** :THPC en önemli ticari ürünlerdendir. Oda sıcaklığındaki fosfin, formaldehit ve hidroklorik asit ile hazırlanmaktadır. pH kontrolü ve fosforun oksidasyon durumu, güç tutuşurluk özelliklerinin ve bitim işleminin kalıcılığının belirlenmesinde önemlidir. HCl oluşumu, fiksaj süresince pH kontrolü yapılmazsa kumaşın yumuşamasına neden olur. Bitim işleminin son aşamasında ise,  $P^{+3}$  iyonu hidrojen peroksit ile  $P^{+5}$ 'e yükseltgenir. Bu işlem süresince de kumaşın aşırı derecede yumuşamasını önlemek için kontrol edilmesi gerekmektedir. THPC'ye alternatif olarak bir başka madde ise THPS'dir. HCl yerine sülfürik asit kullanılmaktadır ve fosfinklorür yerine fosfinsülfat oluşmaktadır (Şekil II.36 ve Şekil II.37).

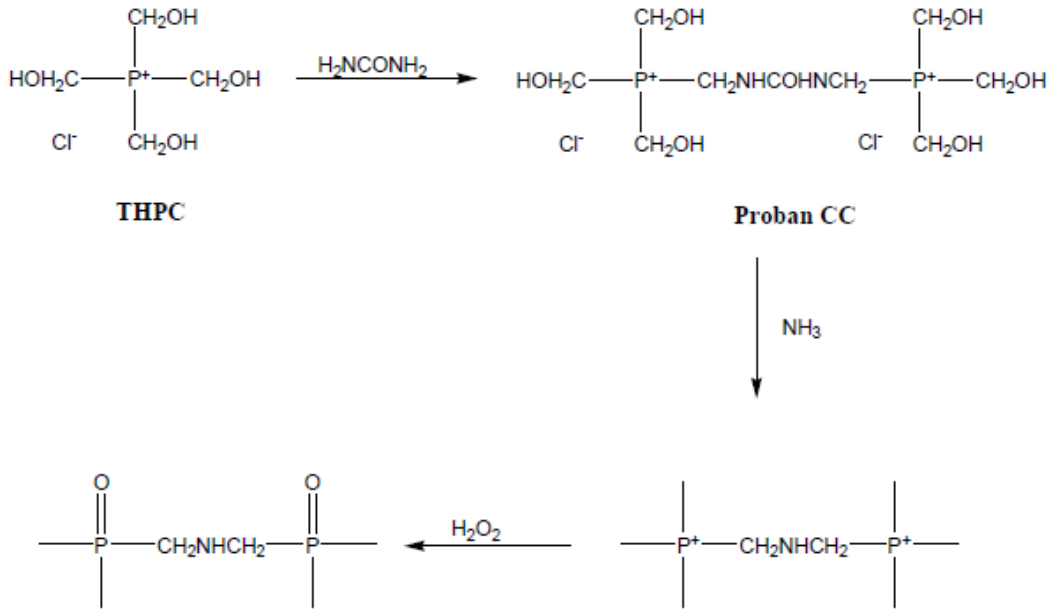


Şekil II.36 HidroksimetilFosfonyumKlorür (THPC) [98].



Şekil II.37. HidroksimetilFosfonyumKlorür Katalizi [98].

**THPC-Üre yoğunlaşması** : Bu yöntem amonyak gazı ile oda sıcaklığında kurutma gerçekleştirerek, ısı ile kurutmanın yerini almıştır. Bu bileşik kurutmada ve kumaş amonyak gaz tepkimesinden çıkınca ilave edilebilir. Bu ekzotermik reaksiyon pamuklu kumaşın boşlukları arasında polimerik yapıların olmasını sağlar. (Şekil II.38) [62,93].



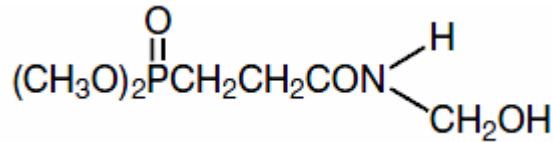
Şekil II.38 THPC-Üre Yoğunlaşması [93].

**Hidroksimetilfosfonyumhidroksit (THPOH):** THPC aminler, amidler ve/veya alkaliler ile genellikle kısmen nötralize olmaktadır.

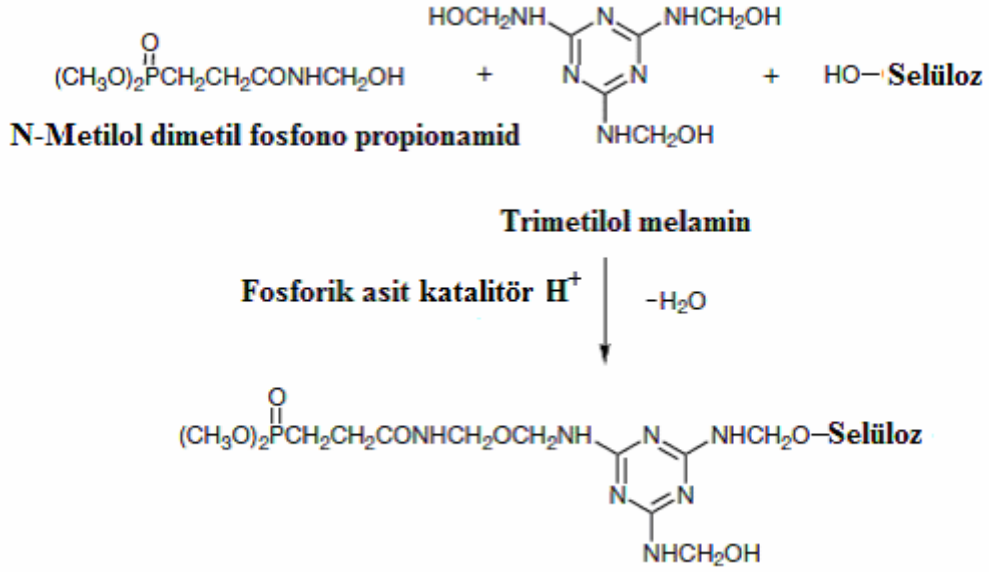
THPC'nin sodyum hidroksit ile tamamının nötralize olması sonucunda THPOH adı verilen bileşik elde edilmektedir. THPOH ile kısmen nötralize olmuş şartlardaki THPC arasındaki farkı tanımlamak zordur. Fikse maddesi amonyak gibi temel bir madde ise fark oldukça anlamsız hale gelir. THPOH-amonyak ticari açıdan oldukça ilgi görmektedir. **THPC'den üstün olması ve avantajı ise, kumaşın yumuşamasını ve sertliğini azaltmasıdır.** THPOH uygulanan kumaşlarda kurutma süresince formaldehit oluşumu gözlenmektedir.

**Pyrovatex CP:** Pyrovatex CP, selüloz ile reaksiyona girebilen N-metilol kullanılmasıyla fosforun selüloza bağlanması yöntemine dayanmaktadır. Emdirme-kurutma-fiksaj prosesi fosforik asit katalizörü kullanılarak metillenmiş melamin reçinesi ile uygulanmaktadır. Yüksek azot içerikli melamin güç tutuşur maddedeki fosfor ile sinerjik aktivite oluşumu sağlamaktadır.

Kumaşa ağırlıkça %2-3 fosfor eklenmesiyle yeterli oranda kimyasal uygulandığı zaman kumaşa sertleşme oluşmaktadır. Ayrıca fiksaj işleminden sonra kumaşa asit kalırsa yüksek mukavemet kaybına neden olmaktadır. Bu yüzden, fiksaj işleminden sonra kumaşın yıkanması gerekmektedir. Bitim işlemi fiksaj ünitesinde duman meydana getirebilir. Duman içeriğinde bitim işleminin uçucu maddeleri bulunmaktadır (Şekil II.39 ve Şekil II.40) [62,93].

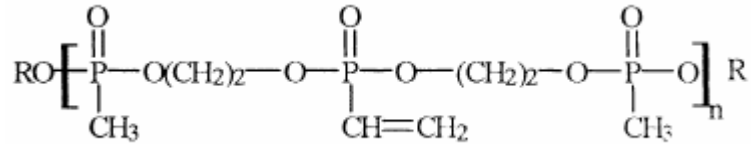


**Şekil II.39** Pyrovatex CP'nin Kimyasal Yapısı [93].



**Şekil II.40** Pyrovatex CP'nin Selülozla Reaksiyonu [62,93].

**Fyrol 76:** Fyrol 76 vinil grupları içeren bir oligomerik fosfonattır. Bitim işlemi, serbest radikal bir başlatıcı (potasyum persülfat) içerikli N-metilol akrilamid ile uygulanır, kurutulur ve fikse edilir. Bu ürün THPOH-amonyak'tan daha iyi sürtünme dayanımına sahiptir (Şekil II.40).



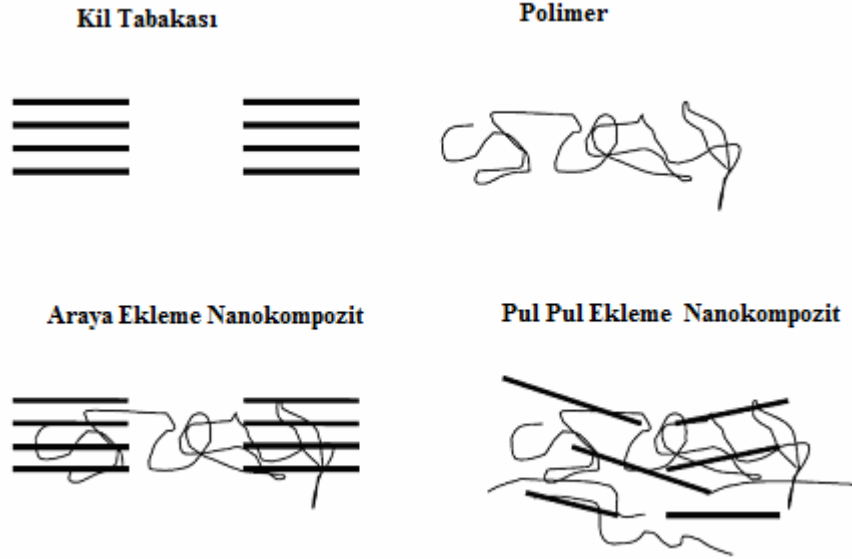
**Şekil II.41** Fyrol 76'nın Kimyasal Yapısı [62].

**Fosfonik ve fosforik asit türevleri:** Selüloza, fosfonik ve fosforik asitlerle fosforil grupları eklenmektedir. Üre, disiyandiamid ve siyanamid asitlerin yumuşama davranışını yavaşlatmada kullanılmaktadır. Fosforun bağlanma seviyesi ne kadar yüksekse güç tutuşurluk özelliği de o kadar iyi olur. Selüloz fosfat esterleri hidrolitik olarak kararsızdır ve bu yüzden yıkama dayanımı zayıftır. Ancak fosfonat esterleri daha kalıcıdır. Fosfatlar, yıkama esnasında sert suda bulunan kalsiyum iyonları ile birleşme eğilimi göstermektedirler. Bu durum bitim işleminin güç tutuşurluk özelliğini azaltmaktadır[62].

#### II.4.2.4. Nanokompozit Güç Tutuşurluk Maddeleri

1961 yılında, ilk polimer-kil nanokompozitleri Blumstein tarafından rapor edilmiştir. 1980'lerde, Toyota Merkez Araştırma Laboratuvarları nanokompozitleri araştırmaya başlamıştır. Toyota, mukavemet ve modül gibi özelliklerin arttığını belirtmiştir.

1990'ların ortasına gelmeden kil nanokompozitlerin termal dayanıklılığı ilgili çalışmalar yapılmıştır. 90'ların sonunda, çeşitli polimer-kil nanokompozitlerin yanabilirlik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların sayısında artış görülmüştür. Bu gibi güç tutuşur sistemlerin önemli bir avantajı ağırlıkça %5 veya daha az konsantrasyonlarda bile etkili olabilmeleridir. Bazı çalışmalar, polimer nanokompozitlerin bariyer ve mekanik özelliklerini artırdığı tekstil materyallerinde yanabilirliğini azaltmaya yardım ettiğini göstermiştir. Nanokompozitler araya ekleme ve pul pul dökülme olmak üzere iki temel şekilde elde edilirler (şekil II.42). Araya ekleme şeklinde, tabakalar katmanlar arası teması korurken, pul pul dökülme şeklinde tabakalar katmanlara ayrılmışlardır ve bu şekilde gelen materyalin yayılması sağlanır.



**Şekil II.42** Nanokompozit Formları: Araya Ekleme ve Pul Pul Dökülme

Bu alanda araştırmalar devam etmektedir ve polimer-kil nanokompozitlerin alevi önlemede nasıl çalıştığını tanımlamak için çeşitli mekanizmalar öne sürülmüştür. *Mekanizmalardan biri, kil pıhtıları ve kömür bileşiminden oluşan*

***koruyucu tabakaların meydana gelmesi neticesinde ısı salınım oranının düşmesidir. Diğer , kil içerisindeki paramanyetik demir tarafından radikal kıştırmanın meydana gelmesidir.***

Polipropilenin güç tutuşurluğu, montmorillonit ve borsiloksan gibi çeşitli nano bileşiklerin kullanımıyla sağlanmaktadır. Bu alanla ilgili olarak çalışmalar devam etmektedir. Polipropilen gibi polimerlerle nanokil yanmayı engeller ve kömür oluşumuna yardım ederler. Ancak, yüzeyin tutuşma eğilimi ve yanma sonrası özellikleri azaltılamamıştır. Şu anda, polipropilen nanokompozitleri pul pul dökülen yapıya sahiptirler.

Çoklu polimer-kil nanokompozit çalışmaları geçtiğimiz 7 yılda bu konuya ışık tutmuştur. Serge Bourbigot ve arkadaşları Nylon 6/kil hibrid nanokompozit tekstillerin yanabilirliğini incelemişlerdir. Yıkamaya dayanıklı olan güç tutuşur bir tekstil yüzeyi elde etmek için uygun bir mekanizma bulmaya çalışmışlardır. Araştırma 2001'de kabul edilmiştir ve Nylon 6/kil nanokompoziti eriyikten karıştırma yöntemiyle elde edilmiştir ve pul pul dökülen bir yapıya sahiptir. Multifilamentler daha sonra örülerek kumaşa dönüştürülmüştür. Numunelerin ısı salınımı cone kalorimetresi kullanılarak saf Nylon 6 ile karşılaştırıldığında sonuç 35 kW/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Nanokompozit uygulanmış numunelerin ısı salınımı saf poliamide göre %40 daha az olarak bulunmuştur.

2002'de Serge Bourbigot ve arkadaşları, nanokompozit kullanılarak güç tutuşur tekstil elde etmede iki yaklaşımın da uygulandığı nanokompozit iplik ve nanokompozit kaplamayı içeren bir araştırma yapmışlardır. Pul pul dökülen yapıdaki poliamid 6/kil hibridi, eriyikten üretim yöntemiyle multifilament ipliklerin üretiminde kullanılmıştır. Nanokompozit kaplama montmorillonit kil ve organik-anorganik hibrit materyal kullanılarak poliüretan nanokompozit elde etmede kullanılmıştır.

Horrocks, Kandola ve Padbury'nin konvansiyonel güç tutuşurluk maddeleri ile nanokilleri birleştirerek kullanılan güç tutuşurluk maddelerinin miktarını azaltma, tutuşma dayanımı ve kendiliğinden sönebilme gibi nanokillerin bazı kısa dönüşlerini geliştirmeye yardımcı olabilecek araştırmaları mevcuttur. Polimerlerin üretiminin ve proses edilebilirliğinin eriyik formundaki konvansiyonel güç tutuşurluk maddelerine göre arttığı savunulmuştur. Araştırmada, özellikle nano dispers montmorillonit kilin Nylon 6 üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. Sonuçlar mukavemet ve dayanımda belirgin bir artma olduğunu göstermiştir [69,95,99,100].

#### II.4.2.5. Sentetik Polimere Lif Çekimi Esnasında Güç Tutuşurluk Sağlayan Kimyasalların İlave Edilmesi

Sentetik lifler üretimleri sırasında güç tutuşur olarak üretilebilirler. Viskoz ve Lyocell lifleri dışındaki sentetik lifler oldukça hidrofobiktir ve tuz benzeri maddelerle yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk özelliği kazanırlar. Viskoz, pamuk ve Lyocell liflerinden daha hassas olmasından dolayı bitim işlemi, kurutma ve kömürleştirmede güç kaybını önlemek için dikkatlice yapılmalıdır.

Poliamid, poliester, poliakrilik ve polipropilen gibi sentetik liflere yarı dayanıklı ya da dayanıklı güç tutuşurluk maddeleri uygulanabilir. Akrilik lifleri için, etkili güç tutuşurluk maddesi bulmanın zorluğu nedeni ile modakrilik liflerine kaplama işlemi tercih edilir. Kaplama işlemi diğer sentetik liflerde de aynı etkiyi gösterirler ve yeterli kömür oluşumu gerçekleştirirler.

Polipropilenin düşük erime noktası, yüksek hidrokarbon içeriği, fonksiyonlu olmaması dayanıklı ve etkili güç tutuşurluk maddesi kullanımı konusunda problem yaratır. Yalnızca poliamidler ve poliesterlerde yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk işlemi uygulamak mümkündür. Bilimsel literatürler olasılıklı çözeltileri göstermektedir.

Monomerik yapıda olan Antiblaze CU ürünü poliamid, polipropilen ve poliesterlerde etkilidir. Yüksek miktarda fosfor içerir ve poliesterde % 3-6 oranında, pH 6'da disodyumfosfat ve ıslatıcı ile uygulanır. Fular işleminden sonra alınan banyo % 40-60 arasındadır. Kumaş 110-135°C'de kurutulur ve sonra 185-205°C'de 1-2 dakika termofikse edilir.

Poliester ve karışımları için reçine ile kaplama uygundur. Dayanıklılık özelliği mükemmel değildir. Ancak termofiksaj prosesindeki gibi kayıplar oluşmaz. Melaminin kullanılması %100 poliester için etkilidir. Binderin geleneksel kullanım oranında Antiblaze CU, su üretimini ve viskoziteyi artırır. Bu madde brom içeren maddelerin yerini almıştır. Ayrıca Aflammit PE ve Flacavon AZ de aynı özellikleri taşımaktadır.

Nylon lifleri için güç tutuşurluk işleminde birkaç uygulama tatmin edicidir. %10 amonyum bromür yada %18 amonyum dihidrojenfosfat emdirme kurutma yöntemi ile uygulanır, fakat dayanıklı değildir. Üre formaldehit reçineleri yada aminotriazin-aldehitler amonyum bromür ile birlikte emdirme-kurutma-fikse ile kullanılabilmesi işlemi dayanıklı hale getirir. Dayanıklı fakat sert metilat üre

formaldehit bazlı güç tutuşurluk maddeleri, astar ve gece elbisesi olarak kullanılacak Nylon lifleri için başarılıdır. Tioüre formaldehit amonyum klorür ile materyal fulardlanır düşük sıcaklıklarda kurutulur ve 170 °C’de 1 dakika fikse edilir.

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. Anorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise, hidratlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Her güç tutuşurluk sağlayıcı kimyasal malzeme her tipte polimer için uygun olmayabilir. Dolgu malzemeleri, stabilizatörler ve işlem yardımcı kimyasalları gibi bileşenler arasında oluşabilecek etkileşimler değerlendirilmelidir. Etkin bir güç tutuşurluk temin edebilmek için kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı kimyasal malzemenin, polimerin bozulma sıcaklığına yakın bir bozunma sıcaklığına sahip olması gerekir.

Poliester lifleri, tereftalik asit ve etilenglikolün yaklaşık 300°C’de trans esterifikasyon reaksiyonu sonucu elde edilir ve eriyikten lif çekim metodu ile çekilir. Bu sebeple PET’in güç tutuşurluk işleminde kullanılacak katkı maddesinin bozunmaksızın bu sıcaklığa dayanması gerekir. Bu işlem şartlarını sağlayan dimetilfosfit, PET lifine % 1.7 fosfat katarak onu güç tutuşur hale getirmektedir. Aynı zamanda tris-(2,3-dibromo-propil) fosfat da PET için uygun bir katkı maddesidir.

Lif çekimi esnasında polimere güç tutuşurluk sağlayacak kimyasalların ilave edilmesinde şu dezavantajlar vardır [101]:

- Aynı gruptaki standart liften daha pahalıdırlar.
- İplik haline getirmek ve dokuyabilmek daha zordur
- Daha sert bir tutum verirler
- Özel terbiye ve boya tekniğine gerek duyarlar.
- Işık ve renk haslıkları problem oluşturabilir.
- Kullanılacak dikiş ipliği ürünün yapısına göre seçilmelidir.

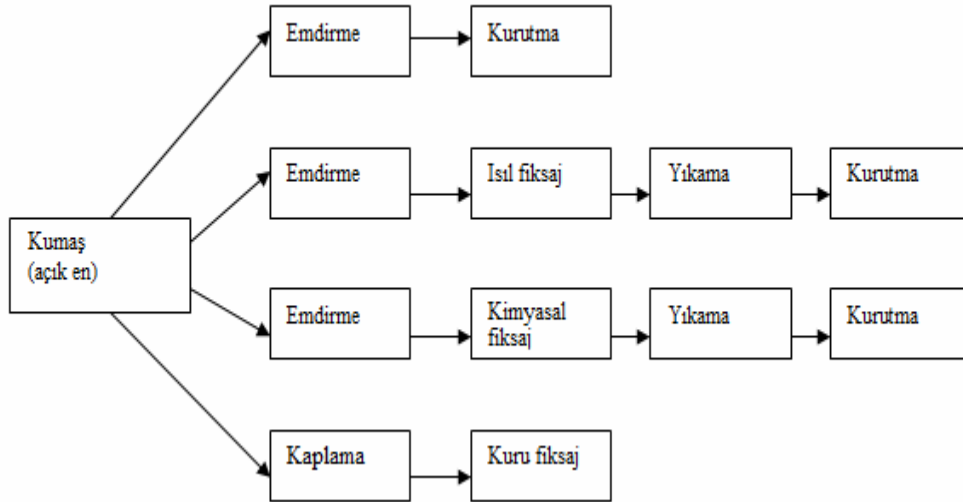


## II.5. GÜÇ TUTUŞURLUK BİTİM İŞLEMLERİNDE ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Alevlenmeyi geciktirici uygulamaların formülasyonların ve katkı maddelerinin çoğu 1950-1980 yılları arasındaki dönemde gelişmiş kimya bilimi sayesinde elde edilmiştir. Şimdilerde ticari açıdan yararlı olanları yakın bir geçmişte değerlendirilmişlerdir. Bu maddelerin tekstil materyalleri üzerinde kullanması toksikolojik ve çevresel etkileri yüzünden ciddi anlamda engel olunmuştur[55]. Bu nedenle son yıllarda özellikle yapılan çalışmalar ve araştırmalarda polimerlerin içine fonksiyonelleştirilmiş nano killerin dahil edilmesi, karbon lif karışımlarının kullanılması, antimon halojeniz formüllerin geliştirilmesi ve formaldehidsiz yada düşük formaldehid miktarları ile yapılan çalışmalar dikkat çekmiştir [55,62,95,96,100,102,103].

## II.6. TEKSTİL MATERYALLERİNE GÜÇ TUTUŞUR ÖZELLİK KAZANDIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Tekstil materyallerine güç tutuşur özellik kazandırılmasında kullanılan yöntemler şekil II.43'te görülmektedir.



Şekil II.43. Tekstil Materyallerine Güç Tutuşur Özellik Kazandırılmasında Kullanılan Yöntemler

Burada, 4 temel uygulama prosesi mevcuttur:

1. Emdirme – kurutma: dayanıksız ve suda çözünebilen amonyumfosfat ve benzeri maddelerin uygulanmasında kullanılır.

2. Bu yöntem güç tutuşurluk için Pyrovatex CP gibi fosfonamid içeren yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk maddeleri ve reçine kullanılarak gerçekleştirilir. Bu proseste asidik katalizörlerin kullanılması nedeniyle alkali içeren banyoda yıkama işleminin gerçekleştirilmesi gerekir. Daha sonra nötralize olması gerekir. Yıkama aşaması kullanılmaz ise yarı dayanıklı işlem gerçekleşmiş olur ve madde madde ile selüloz lifi arasındaki etkileşim fikse aşamasında oluşur. 160°C civarında amonyumfosfatlarla yapılan fikse işlemi selülozun fosforilasyonunu artırır. Antiblaze CU ile yapılan ısıl işlemler için de bu proses ısıtıcı varlığında yapılabilir.

3. **Emdirme-Kimyasal fiksaj-Yıkama-Kurutma:** Proban ile yapılan uygulamalardır. Bu uygulamada kömürleştirme aşamasında amonyak gazı açığa çıkmaktadır. Bu şekilde Proban CC hidrokimetilfosfonyumklorür ve ürenin nemi ile fulardlama, ardından kurutma sonrasında amonyağı kumaş içerisine nüfuz ettirir. Yıkama ve kurutma işleminden sonraki oksidatif fikse ise stabiliteyi ve dayanıklılığı artırır.

4. Kaplama-Kuru fiksaj: Bu işlemde bağlayıcı bir reçine kullanılarak yanıcı kumaşın yüzeyini kaplama işlemidir. Kumaşın estetik özelliklerine etkisi nedeni ile güç tutuşurluk özelliği kumaşın arka yüzüne uygulanır. Bu yöntem köpük uygulamalarını ve rakle kaplama metotlarını içerir. Daha çok bu uygulama döşemelik kumaşlara yada kalın perdelerle uygulanır.

Buhar fazında Sb-Br güç tutuşurluk maddelerinin varlığı kaplama uygulamasının etkisini garanti etmektedir. Sb-Br yerine çevresel açıdan daha sorunsuz fosfor bazlı maddeler kullanılır. Klor bazlı reçinelerin kullanılması ise fosfor bazlı maddelerden daha az etkililerdir [93]. Son 10 yıl içindeki çalışmalar özellikle kaplama üzerinde çalışıldığını göstermektedir[104-108].

## II. 7. GÜÇ TUTUŞURLUK MATERYALLERE UYGULANAN MEKANİK, TERMAL TEST VE ANALİZLER

### II.7.1. Limit Oksijen İndeksi (LOI)

Limit oksijen indeksi (LOI), tutuştuktan sonra yanmaya devam eden malzemenin yanıcılığının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Polimerlerin LOI değerleri, kimyasal yapıları ile ilgilidir ve bu değerler, yapıdaki oksitlenebilir atom ya da molekül gruplarının sayısı ile saptanır. Molekülde H-C oranı ne kadar yüksekse, yapı o kadar yanıcı olmaktadır. Uzun zincir yapısındaki doymuş hidrokarbonlar, aromatik yapılardan daha yanıcıdır.

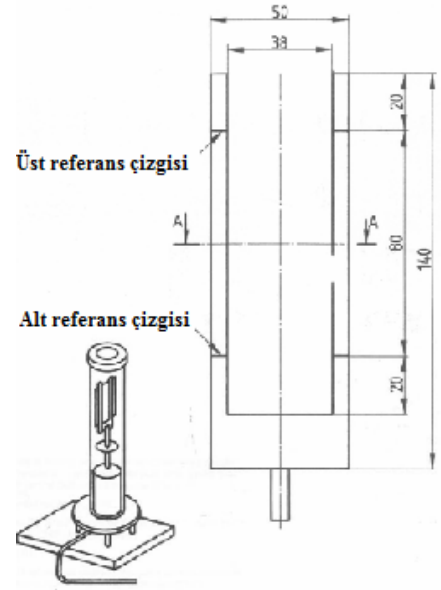
LOI değeri, materyalin yanması için gerekli olan oksijen miktarı olarak tanımlanır. Bu durumda bir materyalin LOI değeri ne kadar yüksekse o kadar zor yandığı söylenebilir. Havadaki oksijen miktarı göz önünde bulundurulduğunda, yanmak için fazla oksijene ihtiyaç duyulması güç tutuşurluk anlamına gelir. Bazı liflerin % LOI değerleri tablo II.9. verilmiştir. Şekil II.44'te LOI test cihazı ve Şekil II.45'te ise numune tutucu görülmektedir.

**Tablo II.9** Bazı Liflerin % LOI Değerleri [93]

LİFLER	(%) LOI
Yün	25
Pamuk	18.4
Viskoz rayon	18.9
Nylon 6	20-21.5
Nylon 6.6	20-21.5
Poliester	20-21
Akrilik	18.2
Polipropilen	18.6
Modakrilik	29-30
PTFE	95
Nomex <sup>®</sup>	28.5-30
Kevlar <sup>®</sup>	29
PBI Polibenzimidazol	40-42



Şekil II.44 LOI Test Cihazı



Şekil II.45 LOI Test Cihazındaki Numune Tutucu

LOI testi TS 11162-1, TS 11162-1, TS 11162-3, ISO 4589, BSI 2782 ve D 2863:1970 göre yapılmaktadır [110-115]. LOI kısa ismiyle limit oksijen indeksinin belirlenmesini sağlayan bu test yöntemi ile materyallerin azot ve oksijen karışımının oluşturulduğu bir ortamda üstten tutuşturulup altta doğru sönmeyen yandığı en düşük oksijen konsantrasyonu ölçülür. Bu konsantrasyon LOI değeridir. Eğer %21' den daha yüksek oksijene ihtiyaç duyuyorlarsa bu materyaller güç tutuşur materyal olarak adlandırılır. Burada ortamdaki gaz karışımının akışı önemlidir.  $23^{\circ}\text{C} \pm 2'$  de oksijen/azot karışımının akış hızı  $40 \text{ mm/s} \pm 2$  olacak şekilde ayarlanmalıdır. Yapılan ölçümlerde genellikle 15-30 adet numune üzerinden gerçekleştirilir.

## II.7.2. Termal Analizler

Termal Analiz", bir maddenin kontrollü biçimde ısıtılması ya da soğutulması sırasındaki fiziksel özellik değişimlerinin sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçülmesi ve yorumlanmasıdır. Tam bir termal analiz sisteminde maddenin ağırlık kaybı, dönüşüm sıcaklıkları ve enerjileri, boyut değişimleri, viskoelastiklik özellikleri gözlenir. Bu ölçümler kimyasal tepkimelerin ve dinamik özelliklerin aydınlatılması, bileşim analizi, ürün kalite kontrolü açısından faydalı olur. Termal analizin en geniş uygulandığı alanlar arasında seramik malzeme, plastikler, yakıtlar, toprak ve kil endüstrisi sayılabilir. Tarama sıcaklığı çoğu cihazlarda 20 - 1200 °C arasındadır.

Bilinen en yaygın üç termal analiz yöntemi, diferansiyel taramalı kalorimetrisi (DSC), diferansiyel termal analiz (DTA) ve termogravimetrik (TGA) analizdir [116].

### II.7.2.1. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Termogravimetri (TG) yada termogravimetrik analiz (TGA), termal olarak uyarılmış hal değişimlerine bağlı olan ağırlık değişimlerinin hassas ölçümlerini gerçekleştirir. Örneğin; TGA dehidrasyon veya bozunma sırasındaki hal değişimi için, sıcaklık ve zaman fonksiyonu olarak ağırlıktaki kaybı kaydeder. Termogravimetrik eğriler verilen bileşen ya da materyalin karakteristiğidir (fiziksel hal değişikliği kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği sıcaklıklar gibi). Bu uyarılmış termal proseslerin derecesi sıklıkla moleküler yapı fonksiyonudur. Ağırlık değişimleri fiziksel ve kimyasal bağların oluşması veya yükselen sıcaklıklarda kopmasının sonucudur. Bu prosesler uçucu gazların oluşumuna ve numunenin ağırlık değişimine neden olan reaksiyon ürünlerinin oluşmasına neden olabilir. TGA verileri, termodinamik ve kinetiği araştırmak kadar iyi bir şekilde materyali karakterize eder. TGA'nin alışılmış sıcaklık değeri 1200 °C'dir.

TGA'de numunenin ağırlığı sıcaklık arttıkça kaydedilir. Numuneler ısıtıcı üzerinde bulunan beherlere yada derin olmayan kaplara konur. Elektromekanik dönüştürücü gergin bant tertibatı içeren TGA cihazı görülmektedir. Yatay kuvars ışınları, elektromanyetik balansın yükseltici bobini tarafından denge pozisyonunda tutulur. Işığa duyarlı diyot çiftleri ışınların hareketine yön veren sensörler olarak davranırlar. Numunedeki ağırlık kaybı ışının yönünün değişmesine neden olur. Akım numunedeki ağırlık değişimi ile orantılıdır. 5°C /dakikadan 10 °C /dakika ya kadar ısı artışı olağandır. Numune ölçüleri 1'den 300 mg kadardır [117]. Şekil II.46'da TGA test cihazı görülmektedir.



**Şekil II.46** Termogravimetrik analiz (TGA) Test Cihazı [117].

### II.7.2.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

DSC en yaygın kullanılan termal analiz tekniğidir. Bu teknikte numune ve referans alınan materyal sıcaklık değişikliklerine tabi tutulur. Numunede termal değişimler meydana geldiğinde (ısının absorblanması sonucunda oluşan fiziksel ve kimyasal değişiklikler) numunenin ve referans materyalin bulunduğu kaba aynı sıcaklıklarda tutabilmek için termal enerji eklenir. Çünkü enerji transferi kesinlikle absorblanan enerji miktarına denktir, denkleştirilen enerji verimi değişim enerjisinin kalorimetrik ölçümüdür. Numune boyutları 0.1 ile 100 mg arasındadır (Şekil II.47).



**Şekil II.47** Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) [118].

### II.7.3. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi

Kızılötesi (IR) absorpsiyon spektroskopisi bir tür titreşim spektroskopisidir; IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Matematiksel Fourier dönüşümü spektroskopisinde ışın şiddeti, zamanın bir fonksiyonu olarak alınır. Her dalga boyunu ayrı ayrı tarama gereksiz hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilebilir. Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenebilir.

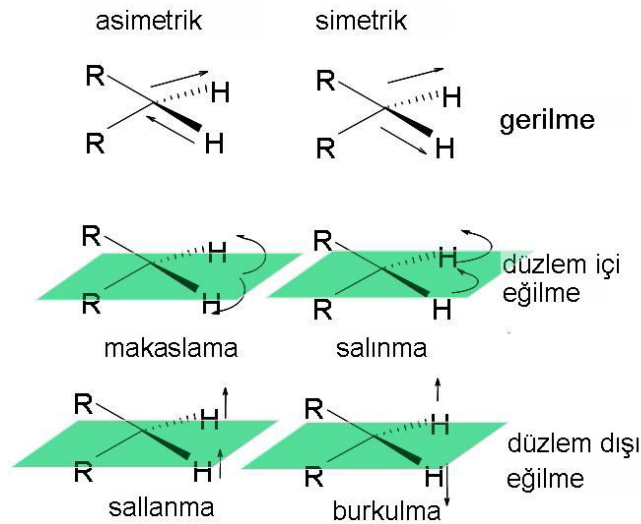
Gaz, sıvı ve katı örnekler incelenebilir. Çekilen spektrumlar, kataloglardaki spektrumlarla karşılaştırılarak nitel analiz yapılır. Özellikle parmak izi bölgesi spektrumları kataloglarla uyuşmalıdır.

FTIR spektroskopisi, malzeme testleri, kalite kontrol, araştırma ve akademik çalışmalarda bir altın standarttır.

Kırmızı ötesi bölgesinde soğurma, moleküllerin titreşme ve dönme düzeylerini uyarır. Kırmızı ötesi ışımının enerjisi moleküldeki bağları bozmaya yetmez, elektronik uyarma da yapamaz; fakat atomların kütlelerine, bağların gücüne ve molekül geometrisine bağlı olarak bağların titreşme genliklerini artırır.

Titreşme hareketleri Şekil II.48'de görüldüğü üzere:

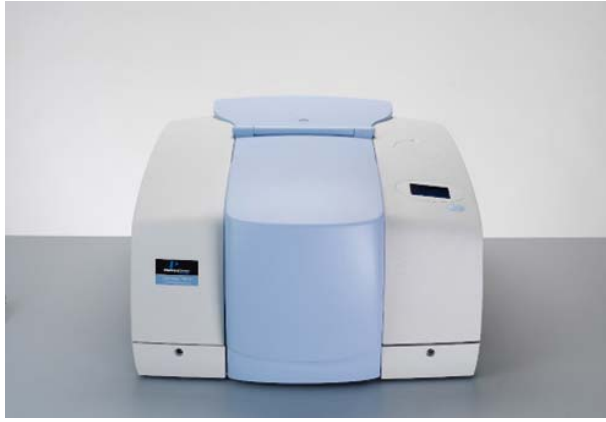
- 1) Gerilme ve
- 2) Eğilmedir (düzlem içi ve dışı) .



Şekil II.48 Molekül Geometrisine Bağlı Bağların Titreşim Hareketleri

İnfared spektrofotometresinde kullanılan ışık kaynağı infrared ışması yayan ve elektrikle 1600-2000K kadar ısınabilen sert katı maddelerdir. Nerst çubuğu, uzunluğu 20mm, çapı 1-2 mm olan nadir toprak metali oksitlerinden yapılmıştır. Globar çubuğu, 5 mm çapında, 500 mm uzunluğunda silisyum karbürden oluşmuş bir silindiridir. Tungsten-Flaman lambası, dalga boyu 0.78-2.5µm (yakın infrared) arasındaki bölgede ışıma yapan bir ışık kaynağıdır. Civa-ark lambası, Uzak infrared (50µm den büyük) bölgesi için kullanılan bir ışık kaynağıdır. Nikrom Teli, bu ışık kaynağı uzun ömürlüdür.

**Dedektörler** ise piroelektrik, fotoiletken, termal dedektörlerdir[119-121]. Şekil II.49'de Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi örnek olarak verilmiştir.



**Şekil II.49** Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi [122].

#### **II.7.4. Kopma Mukavemet Testi**

Tekstil mamullerinin önemli mekanik özelliklerinden bazıları, kopma, patlama, yırtılma, dikiş ve kayma mukavemeti gibi özelliklerdir. Materyallerinin mekanik etkiye karşı dirençleri ölçülmüş olmaktadır. Bu testler dikilmiş ürünlerde, örme kumaşlarda ve dokuma kumaşlarda farklı testlerle tespit edilir.

Kopma mukavemeti tayini, dokunmuş kumaşlara uygulanan bir test yöntemi olup, şerit ve kavrama (Grap) metodu olmak üzere iki ayrı metotla uygulanmaktadır. Dokuma kumaşların kopma mukavemeti ve kopma uzaması 'TS EN ISO 13934-1, TS EN ISO 13934-2, ASTM D 5034, ASTM D 5035 standardına göre tespit edilir[123-125]. Deney numunesi kısa kenarlarının çekme cihazının çeneleri tarafından tam kavranmasıyla yapılan bir kopma mukavemeti deneyidir. Deney parçası test cihazının çeneleri arasına çalışma prensibine bağlı olarak ön gerilmeli



olarak veya gevşek olarak yerleştirilir. Çekme mukavemeti, deney numunesine uygulanan en büyük kuvvettir. Birimi Newton veya kilogram kuvvet olarak verilir.

Deney parçasında kopma meydana geldiğinde en büyük kuvvet ve en büyük kuvvet altında meydana gelen uzama miktarı milimetre olarak veya % olarak kayıt edilir. Deney atkı ve çözgü doğrultusunda en az beş deney parçası üzerinde tatbik edilir[123,126]. Şekil II.50’de kopma muakvemeti test cihazı görülmektedir.



**Şekil II.50** Kopma Mukavemeti Test Cihazı [127]

## II.8. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

**M.E. Hall, A.R. Horrocks, Helena Seddon'un** çalışmasında Pyrovatex CP kullanarak Lyocell ve pamuklu materyale uygulanan güç tutuşurluk bitim işleminden sonra Lyocell'in güç tutuşurluk özelliğinin, reçete miktarının sadece yarısı kullanıldığında bile pamuklu materyalden daha iyi olduğu tespit edilmiştir[128].

**Haruo Sanuki, Kenji Yamaishia ve Norio Inokoshi'nin Tokyo üniversitesinde yapmış oldukları çalışmada fosfor içeren** Pyrovatex CP hem melamin formaldehid reçine ile hemde formaldehidsiz olarak uygulanmış, oksijen indeksleri, fosfor içeriği ve formaldehid miktarları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar sonunda yıkama yapılmamış kumaşlarda çok fazla serbest formaldehit çıkışı olduğu tespit edilmiştir. Yükek konsantrasyonda reçinesiz Pyrovatex CP kullanılarak yapılan güç tutuşurluk bitim işlemi sonunda, kumaşın güç tutuşurluk özelliği kazandığı ve yıkamalar sonunda da serbest formaldehid çıkışı olmadığı görülmüştür. [129].

**Jin-Ping Guan and Guo-Qiang Chen** yaptığı çalışmada organofosfor yapısındaki Pyrovatex CP olarak bilinen, N-hidroksimetil (3dimetil-fosfon) propioamid (HDPP) güç tutuşur maddesi ipeğe uygulanmış ve LOI testi sonucu %31 olarak elde edilmiş, 50 yıkama sonunda bu güç tutuşurluk etkisi korunmuş kopma mukavemetinde çok az bir azalma tespit edilmiştir[130].

**Sabyasachi Gaan, Gang Sun'ın çalışmasında** Pyrovatex CP olarak bilinen, N-hidroksimetil (3-dimetil-fosfon) propioamid, (HDPP) trietil fosfat (TAP) ve trietil fosforamid olmak üzere üç farklı organofosfor bileşiği uygulanmış ve yapılan işlem sonrası DSC, TGA, ve LOI değerlerine göre N-hidroksimetil (3-dimetil-fosfon) propioamid uygulanmış pamuklu kumaşın en iyi güç tutuşurluk özelliği kazandığı tespit edilmiştir[131].

**D. Vynias ve C. M. Carr**, soya lifinden oluşturulmuş kumaşa sülfamik asid ve üre ile güç tutuşurluk bitim işlemi uygulamışlardır ve bu işlem sonucunda LOI değeri %18'den %25'e çıkmıştır. Buna karşılık, sarılık indeksi artmıştır [132].

**Sabyasachi Gaan , Gang Sun**, 2008 de yapmış oldukları çalışmada pamuklu kumaşın güç tutuşurluk özelliklerini geliştirmek için 3 çeşit fosfor-azot etkileşimi uygulamışlardır. Bunlar; üre (UR), guanidin karbonat (GC), melamin formaldehit (MF)'tir. Bu üç bileşikle işlem gören pamuklu kumaşların bozunma sıcaklıklarının farklı olmasına karşın, aynı limit oksijen indekslerine (LOI) sahip oldukları görülmüştür.

Azot bileşiklerinin tek başlarına selülozun güç tutuşurluğuna bir etkisi olmadığı kanıtlanmıştır. Azot bileşiklerinin, kömürleşme ve piroliz esnasında termal bozunmaları farklıdır. Ürenin ısı bozunmasında çok miktarda amonyak ve yanıcı olmayan gazlar açığa çıkar. MF uygulanmış olan selülozda kömürleşmenin oluşumu yüksektir. GC uygulanmış olan pamuklu kumaşta ise hem gaz açığa çıkmıştır hem de kömürleşme oluşumu gözlenmiştir. GC ve MF ile işlem görmüş pamuklu kumaşın bozunması için gereken aktivasyon enerjisi UR ile işlem görmüş pamuklu kumaştan daha az, işlem görmemiş pamuklu kumaştan ise daha fazladır. UR ve GC maddeleri ile yapılan uygulamalarda, pamuklu kumaşın yanma ısı değeri düşüğü, MF ile işlem görmüş pamuklu kumaşın işlem görmemiş pamuklu kumaşa oranla daha yüksek değerlere çıktığı görülmüştür. Kömürün FITR analizinden sonra yapılan TGA analizinde azotun diğer karbon bileşiklerinde olduğu gibi farklı fonksiyonel grupların olduğu görülmüştür. MF ve GC uygulanmış kumaşlarda C-N bağı, UR ile uygulama yapılmış kumaşa oranla daha fazladır[133].

**Weidong Wu, Charles Q. Yang**'in yaptıkları bu çalışmada pamuklu kumaşta hidroksi-fonksiyonel organofosfor oligomeri (HFPO) ile N-Metilol dimetilfosfonopropionamid (MDPA) güç tutuşurluk maddelerini kullanmışlardır. Bu maddelerin performansları ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. MDPA/TMM uygulanmış kumaşın yüksek azot içermesinden dolayı LOI değerinin HFPO/TMM uygulanmış kumaştan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MPDA/TMM sisteminin, HFPO/TMM sisteminden daha fazla yıkamaya dayanıklı olduğu görülmüştür. HFPO/TMM ve MDA/TMM uygulanmış kumaş daha az buruşma özelliği göstermiştir; ancak, TMM konsantrasyonunun artmasıyla kumaş sertliğinde artış olduğu tespit edilmiştir[134].

**Syed Morteza Mostashari ve Hadı Fallah Moafi**, yıkamaya dayanıksız amonyum demir (II)-sülfat heksahidrat  $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$  güç tutuşurluk maddesini %100 pamuklu kumaşa uygulamışlardır. Yapılan termogravimetrik analizler sonucunda, 370°C'de uygulama yapılmış kumaşta, uygulama yapılmamış kumaşa göre katı madde kalıntısının daha fazla olduğunu tespit edilmiştir[135].

**Hui Yang, Charles Q. Yang, Qingliang He** yaptıkları çalışmada hidroksi-fonksiyonel organofosfor oligomer (HFPO) esaslı güç tutuşurluk maddesi ile dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU) ve trimetilolmelamin (TMM) çapraz bağlayıcılarını kullanarak Nylon 6,6'nın güç tutuşurluk özelliklerini geliştirmişler. Nylon 6,6'da HFPO/DMDHEU ve HFPO/TMM uygulanmış kumaşlarda yapılan

yıkama işleminde HFPO/DMDHEU'de fosfor oranının daha yüksek olduğu görülmüştür. Kumaşın tutumunda herhangi bir değişiklik olmamıştır. Nylon/pamuk karışımı kumaşların askeri kıyafetlerde 10 yıkamaya kadar güç tutuşur materyal olarak kullanılabilmesi önerilmiştir[136].

**A. Abou-Okeil, A. El-Shafie, A. Hebeish,** Kitosan-fosfat'ı farklı konsantrasyonlarda formaldehid içerikli N-metilol bileşiği, çapraz bağlayıcı kullanılmadan pamuklu materyale uygulamışlar ve FTIR ile karakterize etmişlerdir. Termogravimetrik analizler yapılarak maksimum bozunma ısısı ve bozunma sonrası kalıntı tespiti yapılmıştır. Fiziksel anlamda da kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları test edilmiştir. Kitosan fosfor ve azot sinerjik etki yaparak pamuklu kumaşın termal özelliklerini geliştirmiştir. Mukavemet açısından ise kitosanın bulunmadığı konsantrasyonlarda daha yüksek mukavemet değerleri tespit edilmiştir[137].

**Song ve arkadaşları** sinerjik etki için organo/kil, güç tutuşurluk maddesi olarak da kırmızı fosfor ve magnezyumhidroksiti kullanarak eritme karıştırma tekniği yoluyla uygulamışlar ve poliamid 6/organokil nanokompozit yapısı elde etmişlerdir. Morfolojik yapısını X-Işını Difraksiyonu (XRD) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM) ile karakterize etmişlerdir. Organokilin poliamid 6 üzerindeki mekanik ve güç tutuşurluk özelliklerini araştırmışlardır. Nanokompozitin yüksek mekanik ve güç tutuşurluk özelliğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir[138].

**Lecoeur ve arkadaşlarının** çalışmasında pamuklu dokuma kumaşlarda güç tutuşurluk maddesi olarak, Ignilys FDR (Feutric S.A.), diguanidin hidrojen fosfat ve 3-aminopropiltrioksolan kullanmışlardır. Ignilys FDR'nin pamuklu kumaşa uygulanmasında yüksek derecede güç tutuşurluk özelliği elde edilmiştir. Pamuklu kumaşa %70 oranında 200 g/L Ignilys FDR uygulanmış ve 120°C'de kurutulmuştur. Bu işlem sonucunda % 41 LOI değerine ulaşılmıştır. Fosforik asit ile APS güç tutuşur madde karışımı uygulandığında güç tutuşurluk özelliği geliştirilmiş, ancak kumaş sert ve rahatsız edici bir tutum kazanmıştır. Diguanidin hidrojenfosfat, selüloz esaslı kumaşa güç tutuşurluk özelliği kazandırmamıştır[139].

**Hui ve Xin-rong,** nano boyutta Mg(OH)<sub>2</sub> güç tutuşurluk maddesini sentetik malzemelere uygulanarak özelliklerini incelemişlerdir. Ürünlerin özellikleri, X-Işını Difraksiyonu, Taramalı Elektron Mikroskobu, Limit Oksijen İndeksi ve ıslanma açısı ölçümleri ile belirlenmiştir. Nano boyutta magnezyumhidroksitin, limit oksijen indeksi %31,5 olarak bulunmuştur. Bu maddenin, plastikler, sentetik lastikler ve

sentetik lifler gibi makro molekül yapılarında etkili bir güç tutuşurluk maddesi olarak uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. %60 oranında  $Mg(OH)_2$  ilavesiyle polietilenin limit oksijen indeksi %32.5 olarak elde edilmiştir[140].

**Sain ve arkadaşları** yaptıkları çalışmada polipropilen reçine, talaş/pirinç kabuğu takviyeli kompozitlerde, magnezyum hidroksitin ( $Mg(OH)_2$ ) güç tutuşurluk etkisini, limit oksijen indeksi ve yatay yanma testi yöntemlerini kullanarak incelemiştir. %25 oranında magnezyumhidroksit kullanımı ile kompozitlerin yanabilirlik özelliğinin, hiçbir işlem uygulanmamış kompozit malzemeye göre %50 oranında azaltıldığı görülmüştür. LOI testi sonuçlarına göre polipropilenin LOI değeri %24, PP-talaş kompozit yapısının LOI değeri %26 olarak bulunmuştur. Kompozit yapıya %25 oranında  $Mg(OH)_2$  güç tutuşurluk maddesi uygulandığında LOI değerinin %34'e çıktığı tespit edilmiştir[141].

**Fernandes ve arkadaşları** poliester/sisal karışım kumaşa dekabromdifeniloksit ve antimon trioksit karışımı güç tutuşurluk maddesi uygulanarak, kompozitlerin ısı ile etkileşimlerinin termogravimetrik analizlerle değerlendirmesini yapmışlardır[142].

**Akova ve Takrouri** poliester kumaşa plazma tekniği ile farklı güç tutuşurluk maddeleri uygulayarak, yanan sigara testi yapmışlardır. Test sonucunda kumaşlarda erimeye karşı dayanım özelliğinde artış olduğu tespit edilmiştir[143].

**Tota ve arkadaşları** plazmayı desteklemek için, argon gazı kullanılan atmosferik basınçlı plazma geliştirmiş ve plazmayı polimetilmetakrilat (PMMA) filmleri elde etmek için kullanmışlardır. Elde edilen filmlerin kimyasal yapısı ve bileşimi FTIR ve XPS analizleriyle belirlemişlerdir. Plazmada belli bir seviyeye kadar buharlaşan monomerin konsantrasyonu artınca, monomer yapısının büyük oranda korunduğu tespit edilmiştir[144].

**Xialing Wu ve arkadaşları** fosfor ( $Na_3PO_4 - 12H_2O$  ve  $NaH_2PO_4 - H_2O$ ) içeren anorganik tuz bileşiği ( $Al_2(SO_4)_3 - xH_2O$ ) ile pamuklu kumaşa güç tutuşurluk işlemi uygulamışlar. Uygulama sonrası pamuklu kumaşa yıkama, kuru temizleme ve elde yıkama işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda güç tutuşurluk özelliğinin azalmasına karşın pamuklu kumaşın beyazlık derecesi artmıştır. SEM ve DSC analizleri ile yaptıkları çalışmayı desteklemişlerdir[145].

**A. Richard Horrocks ve arkadaşları** fosfor içeren güç tutuşurluk maddeleri ile hem pamuklu kumaşa hem de pamuk/poliester (35/65) kumaşa kaplama yapmışlar. Kaplama için su bazlı reçineler seçilmiş (vinil klorid/akrilik kopolimeri),

plastikleştirici olarak klorlanmış parafın, güç tutuşurluk yardımcı maddesi olarak da dekabromdifeniloksit/antimonoksit (DBDPO/Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), köpük kesici ve kıvamlaştırıcı kullanılmıştır. Erime ve bozunmasının 250°C'nin altında başladığı ve polifosforik asidin serbest kalması ile pamuğun dehidrasyonunun düşük sıcaklıkta meydana geldiği grlmştir. Buna bağlı olarak maksimum kütle kaybı ve yanmanın 300°C'den daha az sıcaklıkta meydana gelmiştir[146].

## BÖLÜM III.

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### III.1. AMAÇ

Bu çalışmada yapılan uygulamanın amacı, *%100 SeaCell® active, %100 SeaCell® pure, %75/25 Pamuk/SeaCell® pure, %75/25 Pamuk/SeaCell® active ve %75/12.5/12.5 Pamuk / SeaCell® pure / SeaCell® active* karışım kumaşlarda *3 farklı yapıdaki güç tutuşurluk maddelerinin* uygulanmasıyla *%100 SeaCell® ve Pamuk/ SeaCell®* karışım kumaşlarının yıkama öncesi ve sonrası güç tutuşurluk özelliklerini geliştirmek ve termal özelliklerini araştırılmıştır.

#### III.2.KULLANILAN MALZEMELER

##### III.2.1. Materyal

Bu çalışmada lif inceliği 1.4 dtex ve lif uzunluğu 38mm olan SeaCell® pure ve SeaCell® active liflerden, Zinser ring iplik hattında iplik numarası Ne 30/1 büküm değeri 947 Z olan %100 SeaCell® pure ve SeaCell® active iplik üretilmiştir. Ayrıca aynı iplik özelliklerini taşıyan SeaCell® pure ve SeaCell® active liflerinin ayrı ayrı olmak üzere %50 oranındaki harmandan pamuk lifleri ile %50/50 Pamuk/ SeaCell® iplikleri üretilmiştir.

Ayrıca bu liflerin karışımlarında kullanılmak üzere yukarıda belirtilen iplik özelliklerine eş değerde pamuk ipliği üretilmiştir. Daha sonra yukarıda özellikleri belirtilen ipliklerden atkı ve çözgü sıklıkları 30tel/cm, 140cm ham en ve 130g/m<sup>2</sup> gramajda bezayağı kumaş üretilmiştir. Kumaş karışımları ve üretim miktarları tablo III.1’de verilmiştir.

**Tablo III.1 Kullanılan Kumaşların Üretim Özellikleri**

Atkı ve Çözümlü Kontrüksiyonu	Kumaş Bileşimi	Üretilen Kumaş Miktarı(m)
Çözümlü %100 SeaCell® active Atkı %100 SeaCell® active	%100 SeaCell® active	10
Çözümlü %100 SeaCell® pure Atkı %100 SeaCell® pure	%100 SeaCell® pure	5.5
Çözümlü %100 Pamuk Atkı %50/50 SeaCell® pure/pamuk	%75/25 Pamuk/SeaCell® pure	6
Çözümlü %100 Pamuk Atkı %50/50 SeaCell® active/pamuk	%75 25 Pamuk/SeaCell® active	12
Çözümlü %100 Pamuk Atkı 1 Tel %50/50 SeaCell® pure /pamuk + 1 Tel %50/50 SeaCell® active/pamuk	% 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure	10

Tablo III.2’de ham kumaş kodlaması verilmiştir. Tablo III.3’de ise uygulanan önterbiye, güç tutuşurluk bitim işlemleri ve yıkama sayılarına göre kodlamaları verilmiştir. Kodlamanın **başındaki harf** uygulanan terbiye işlemini, **takip eden diğer harfler kumaş cinsini**, **sondaki rakamlar ise** güç tutuşurluk işlemlerinden sonraki **yıkama sayılarını** ifade etmektedir. Yapılan ön terbiye işlemlerinde **Ağartma** işlemi ***A*** ile **Boyama** işlemi ise ***B*** ile yapılmıştır. Uygulamada kullanılan güç tutuşurluk maddeleri üretici firmaların ilk harfleri verilerek kodlanmıştır. **Huntsman** firmasına ait Pyrovatex CP NEW® maddesi iki ayrı reçete olarak uygulandığında ***H<sub>1</sub>*** ve ***H<sub>2</sub>***, **Rudolf Duraner**’e ait Ruco - Flam PCE-T ve güç tutuşurluk maddesi ***R***, **Clariant** firmasına ait Pekoflam HSD liq güç tutuşurluk maddesi ***C*** olarak kodlanmıştır. Güç tutuşurluk bitim işleminden sonra yapılan yıkamalar ise kodlama sonunda 5, 15, 25 yıkama olarak kodlanmıştır.

**Tablo III.2 Ham Kumaşların Kodlaması**

Ham Kumaş Kodu	Açıklaması
<b>AS</b>	%100 SeaCell® active
<b>PS</b>	%100 SeaCell® pure
<b>ASC</b>	%75/25 Pamuk/SeaCell® active
<b>PSC</b>	%75/25 Pamuk /SeaCell® pure
<b>APSC</b>	% 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure



**Tablo III.3 Güç Tutuşurluk ve Yıkama İşlemi Uygulanmış Kumaşların Kodlaması**

İşlem Görmüş Kumaşın Kodları	Açıklama
AAS,APS,AASC,APSC,AAPSC	Ağartılmış kumaşlar
BAS, BPS, BASC, BPSC, BAPSC	Boyanmış kumaşlar
H <sub>1</sub> AS, H <sub>1</sub> PS, H <sub>1</sub> ASC, H <sub>1</sub> PSC, H <sub>1</sub> APSC	H <sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlar
H <sub>2</sub> AS, H <sub>2</sub> PS, H <sub>2</sub> ASC, H <sub>2</sub> PSC, H <sub>2</sub> APSC	H <sub>2</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlar
RAS, RPS, RASC, RPSC, RAPSC	R maddesi uygulanmış kumaşlar
CAS, CPS, CASC, CPSC, CAPSC	C maddesi uygulanmış kumaşlar
H <sub>1</sub> AS 5-15-25, H <sub>1</sub> PS 5-15-25, H <sub>1</sub> ASC5-15-25, H <sub>1</sub> PSC5-15-25, H <sub>1</sub> APSC5-15-25	H <sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlara 5-15-25 yıkama işlemi yapılmış kumaşlar
H <sub>2</sub> AS5-15-25, H <sub>2</sub> PS5-15-25, H <sub>2</sub> ASC5-15-25, H <sub>2</sub> PSC5-15-25, H <sub>2</sub> APSC5-15-25	H <sub>2</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlara 5-15-25 yıkama işlemi yapılmış kumaşlar
RAS5-15-25, RPS5-15-25, RASC5-15-25, RPSC5-15-25, RAPSC5-15-25	R reçetesi uygulanmış kumaşlara 5-15-25 yıkama işlemi yapılmış kumaşlar
CAS5-15-25, CPS5-15-25, CASC5-15-25, CPSC5-15-25, CAPSC5-15-25	C reçetesi uygulanmış kumaşlara 5-15-25 yıkama işlemi yapılmış kumaşlar

**AAPSC15** : % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® pure/SeaCell® active kumaşın **ağartma** yapılmış ve 15. yıkama sonundaki kumaş

**BPSC** : %100 SeaCell® pure kumaşın **boyama** yapılmış kumaş

**RAS5** : %100 SeaCell® active kumaşın **R** güç tutuşurluk maddesi ile uygulama yapılmış ve 5. yıkama sonundaki kumaş.

### III.2.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Güç tutuşurluk bitim işlemleri uygulamasında 3 farklı yapıda güç tutuşurluk maddesi kullanılmıştır. Bu maddeler yıkamaya dayanıklı ve yıkamaya dayanıksız olarak seçilmiştir. Burada 3 farklı firmanın güç tutuşurluk maddeleri kullanılmıştır.

Ruco - Flam PCE-T ve Pekoflam HSD liq güç tutuşurluk maddelerinin uygulamalarında üretici firmaların standart reçeteleri SeaCell ve karışımlarına uygulanmış, ancak Pyrovatex CP New maddesi ile yapılan uygulamalarda hem üretici firmanın tavsiye ettiği standart reçete (H<sub>1</sub>) hem de standart reçetede belirtilen miktarların yarısı kullanılmıştır (H<sub>2</sub>).

Güç tutuşurluk maddeleri H (H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi), R, C olarak kodlanmış ve bu maddeler ile ilgili içerik ve ticari bilgiler tablo III.4'te verilmiştir.

**Tablo III.4** Kullanılan Güç Tutuşurluk Maddeleri ve İçerikleri

<b>Güç Tutuşurluk Maddesi Kodu</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Ticari adı</b>	<b>İçeriği</b>
<b>H (H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub>)</b>	Huntsman	Pyrovatex CP New	Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen güç tutuşurluk maddesi
<b>R</b>	Rudolf Duraner	Ruco- Flam PCE-T	Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen güç tutuşurluk maddesi
<b>C</b>	Clariant	Pekoflam HSD liq	Yıkamaya dayanıksız sinerjik yapıda inorganik fosfor katkılı madde

### III.2.3. Kullanılan Makine ve Cihazlar

Bu çalışma, Kahramanmaraş Kipaş Tekstil işletmesinde iplik üretiminden son işlemlere (güç tutuşurluk bitim işlemi) kadar işletme koşullarında gerçekleştirilmiştir. Test ve analizler, T.C Sanayi ve Ticaret Bakanlığı İkitelli Küçük ve Orta ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme (KOSGEB) Test laboratuvarı, Tekstil ve Ekolojik Test Araştırma&Geliştirme Merkezinde (Ekoteks) ve TÜBİTAK Gebze Marmara Araştırma Merkezi (MAM) laboratuvarında yapılmıştır.

Test ve analizlerde kullanılan makine ve cihazlar,

- Jet boyama makinesi (Thies Jet boyama)
- Kontinü yıkama makinesi (Küsters açık en yıkama makinesi)
- Mukavemet test cihazı (Atlas kopma mukavemeti test cihazı)
- LOI test cihazı (Dynisco Polymer Test–Limiting Oxygen Index Chamber)
- Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) (Perkin ELMER - DSC 4000)
- Termogravimetrik analiz (TGA) (Perkin ELMER- Pyris1)
- Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy FTIR) (Perkin ELMER- Spotlight 400)
- Arçelik 4300 çamaşır yıkama makinesi

### III.3. DENEYSEL ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

#### III.3.1. Ön İşlemler

Ham materyallere güç tutuşurluk bitim işlemi öncesi çeşitli önterbiye ve renklendirme işlemleri uygulanmıştır. Öncelikle bu işlemler hakkında bilgi verilmiştir.

##### III.3.1.1. Haşıl Sökme İşlemi

Kumaşlarda kullanılan çözgü ipliklerinde bulunan karboksimetilselüloz haşılı 100°C'de 20 dakikada su ile uzaklaştırılmıştır. Bu işlem sonrasında SeaCell® active kumaşın rengi, sarı renk olmuştur.

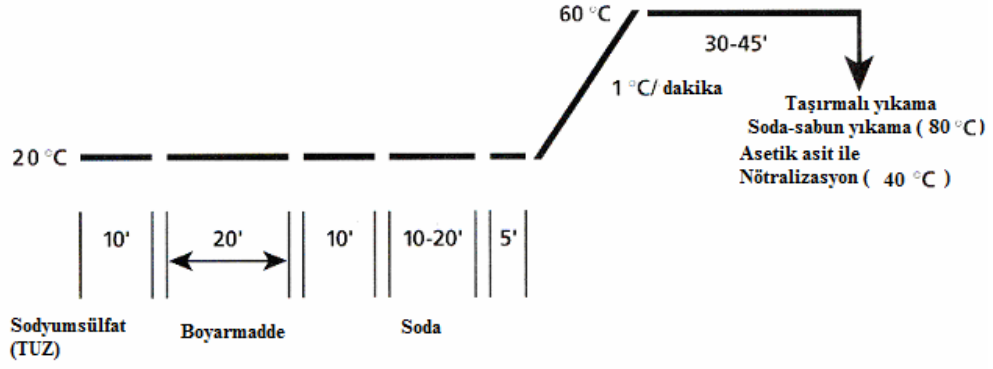
##### III.3.1.2. Ağartma İşlemi

Kumaşlar, 5mL/L %35'lik hidrojenperoksit, 0.5 g/L sodyumkarbonat ve 1mL/L ıslatıcı kullanılarak, pH 7.5'ta banyo oranı 1/15 olan banyoda, 90°C'de 45 dakika Thies marka jet boyama makinesinde ağartılmıştır.

Daha sonra kumaş sırasıyla; soğuk çalkalama, asetik asitle nötralizasyon ve tekrar soğuk çalkalama banyosundan geçerek ağartma işlemi tamamlanmıştır.

#### III.3.2. Boyama İşlemi

Boyama işlemi, çektirme yöntemine göre DyStar Firması'nın Remazol Brillant Blue RSP boyarmaddesi ile %2 renk şiddetinde, 50g/L Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> , 13 g/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılmak suretiyle 1/10 banyo oranında Thies Jet boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Boyama sonrası ise taşırmalı yıkama, 80°C'de soda-sabun yıkaması ve son olarak asetik asit ile nötralizasyon işlemi 40°C'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil III.1 Boyama Diyagramı



Şekil III.2 Thies Marka Boyama makinesi

### III.3.3. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemi

**H maddesi (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi) ve R maddesi** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemi, emdirme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar bu maddelere ait reçete miktarlarına göre hazırlanan güç tutuşurluk banyosu içinden %70 alınan banyo oranıyla fulardlanmıştır. Monforts ram makinesinde 120°C'de 40m/dakika hızla kurutma işlemi uygulanmasının ardından 175°C'de 60 saniye kondenzasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

**H maddesi :** Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen güç tutuşurluk maddesi; bu madde ile iki ayrı reçete ile uygulanmıştır. Aşağıda kullanılan yardımcı maddelerin tümü Huntsman Product tarafından üretilmiştir.

### **H<sub>1</sub> reçetesi:**

350 g/L Pyrovatex<sup>®</sup> CP NEW (Güç tutuşurluk maddesi)

30g/L Knittex<sup>®</sup> MLF NEW (Reçine)

30 g/L Knittex<sup>®</sup> FEL (Çapraz bağlayıcı madde)

40g/L Ultratex<sup>®</sup> FSA NEW (Yumuşatıcı)

22g/L Fosforik asit (%80)

5g/ L INVADINE<sup>®</sup> PBN Islatici

### **H<sub>2</sub> reçetesi:**

200 g/L Pyrovatex<sup>®</sup> CP NEW (Güç tutuşurluk maddesi)

17g/L Knittex<sup>®</sup> MLF NEW ( Reçine)

17 g/L Knittex<sup>®</sup> FEL (Çapraz bağlayıcı madde)

22g/L Ultratex<sup>®</sup> FSA NEW Yumuşatıcı

12.5g/L Fosforik asit (%80)

**R maddesi** : Yıkamaya dayanıklı organofosfor içerikli reaktif bağ yapabilen güç tutuşurluk maddesi; Reçeteler aşağıda verilmiştir.

### **Reçete 3:**

330 g/L Ruco- Flam PCE-T

17g/L Rucon DPO

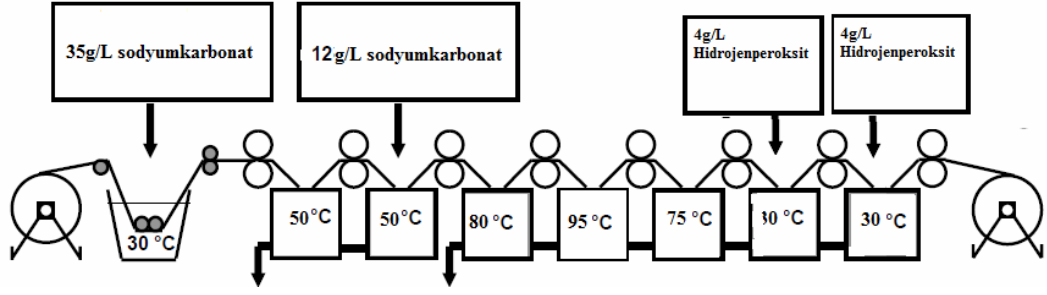
15 g/L Fosforik asit (%80)

1g/L INVADINE<sup>®</sup> PBN (Huntsman)



**Şekil III.3** Monforts Ram Makinesi

Kondenzasyon sonrası Küsters açık en yıkama makinesinde, her üç reçete için kumaş geçiş hızı 25 m/dakika, alınan banyo oranı %65-70 arasında olacak şekilde Şekil III.4 gösterildiği gibi yıkama işlemi yapılmıştır.



Şekil III.4 Güç Tutuşurluk İşleminde Sonra Yapılan Yıkama İşlemi Adımları



Şekil III.5 Küsters Açık En Yıkama Makinesi

**C maddesi ile yapılan güç tutuşurluk işlemi**, emdirme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar bu maddeye ait reçete miktarlarına göre hazırlanan fulard banyosu içinden %70 alınan banyo oranı ile geçirilmiştir. Monforts ram makinesinde 100°C’de kurutma işlemi uygulanmasının ardından 165°C’de 12m/dakika hızla kumaşın kondenzasyon işlemi yapılmıştır.

#### **Reçete 4 : C maddesi reçetesi**

250 g/L Pekoflam HSD liq  
 2 g/L INVADINE® PBN (Huntsman)  
 Anyonik Islatici

#### **III.3.4. Güç Tutuşurluk İşlem Sonrası Ev Tipi Yıkama**

Yıkama işlemi Arçelik 4300 modeli çamaşır makinesinde, <%5 Noniyonik yüzey aktif madde, polikarboksilat, fosfonat, sabun, katyonaktif madde %5-15 Anyonik yüzey aktif madde, oksijen bazlı ağartıcı, %15-30 Fosfat ve Enzim 30 g/L içeren ticari deterjan kullanılarak, 40°C’de ön yıkama programında gerçekleştirilmiştir.

### **III.3.5. LOI Testi**

LOI güç tutuşurluk testi Dynisco Polymer Test-Limiting Oxygen Index Chamber cihazı kullanılarak yapılmıştır. Testler ASTM D 2863 - 00 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen test sonuçları ASTM D 2863-00'de belirtilen yöntemle göre hesaplanarak numune gruplarının limit oksijen indeksi değerleri hesaplanmıştır.

### **III.3.6. Termal Analizler**

Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizleri TÜBİTAK MAM laboratuvarında Perkin ELMER - Pyris1 cihazında, N<sub>2</sub> gazı altında, 20-900 °C'de ve sıcaklık artışı 10°C/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Diferansiyel taramalı kalorimetri analizi, Perkin ELMER - DSC 4000 cihazında, N<sub>2</sub> gazı altında, 10-350°C'de ve sıcaklık artışı 10°C/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### **III.3.7. Mukavemet Testi**

Dokunmuş kumaşlara şerit yöntemi uygulanarak kopma mukavemeti ve kopma uzaması TS EN ISO 13934-1, TS EN ISO 13934-2 standartlarına göre yapılmıştır.

### **III.3.8. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi**

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared S - FTIR) ölçümleri Ekoteks Laboratuvar'larında Spotlight 400 FTIR cihazında gerçekleştirilmiştir.

## **BÖLÜM IV.**

### **GENEL SONUÇLAR**

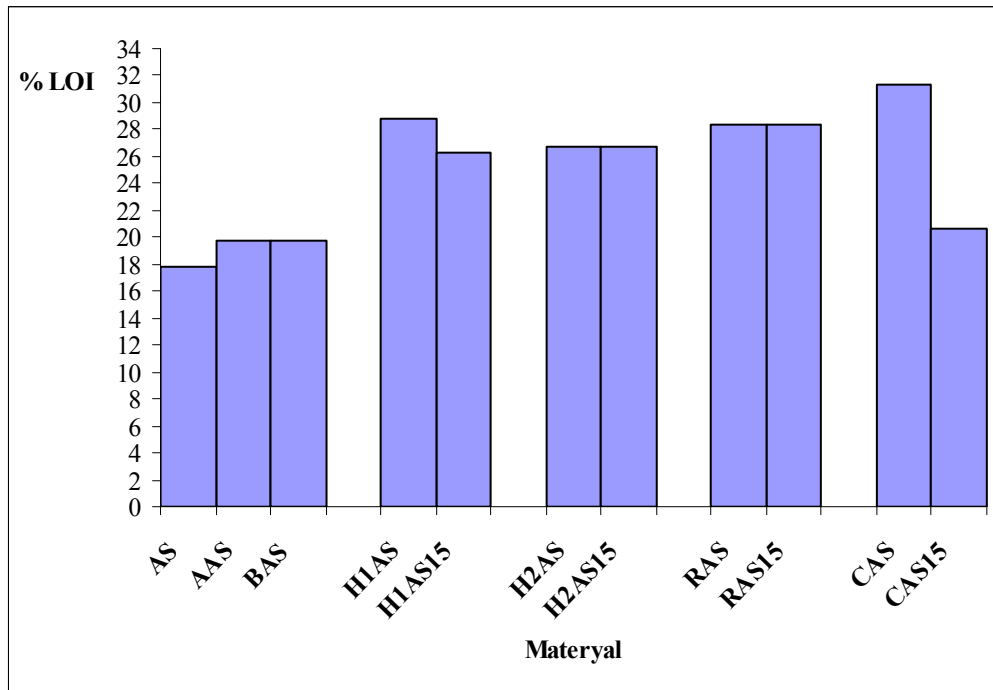
#### IV.1. LOI TEST SONUÇLARI

Kumaşların *LOI testleri ASTM D 2863-00* standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Standartta belirtilen hesaplama yöntemine göre numune gruplarının Limit Oksijen İndeks değerleri hesaplanmıştır. Her bir numune grubu için en az 15 test yapılmıştır.

Yapılan uygulamalar, kumaş çeşitlerine göre ham, ağartılmış, boyanmış, *H maddesinin (H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi), R ve C maddeleri* bazında ele alınıp grafikler oluşturularak yorumlanmıştır.

**Tablo IV.1** %100 SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

Materyal	LOI (%)	%'de Artış
AS	17.88	-
AAS	19.79	-
BAS	19.72	-
H <sub>1</sub> AS	28.81	46
H <sub>1</sub> AS15	26.34	33
H <sub>2</sub> AS	26.72	35
H <sub>2</sub> AS15	26.71	35
RAS	28.37	43
RAS15	28.31	43
CAS	31.30	59
CAS15	20.71	5



**Şekil IV.1** %100 SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri



**Sekil IV.1'de %100 SeaCell® active (AS) ham kumaşın LOI değeri %17.88** olduğu hesaplanmıştır. Ağartma işlemi (AAS) ve boyama işlemi (BAS) uygulanmış kumaşların LOI değerleri sırasıyla %19.79 ve %19.72 olarak bulunmuştur.

***H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>AS)*** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değerinin %28.81'e*** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre ***%46'lık*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. ***15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %47.3*** olup, boyanmış kumaşa göre ***%33'lük*** bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

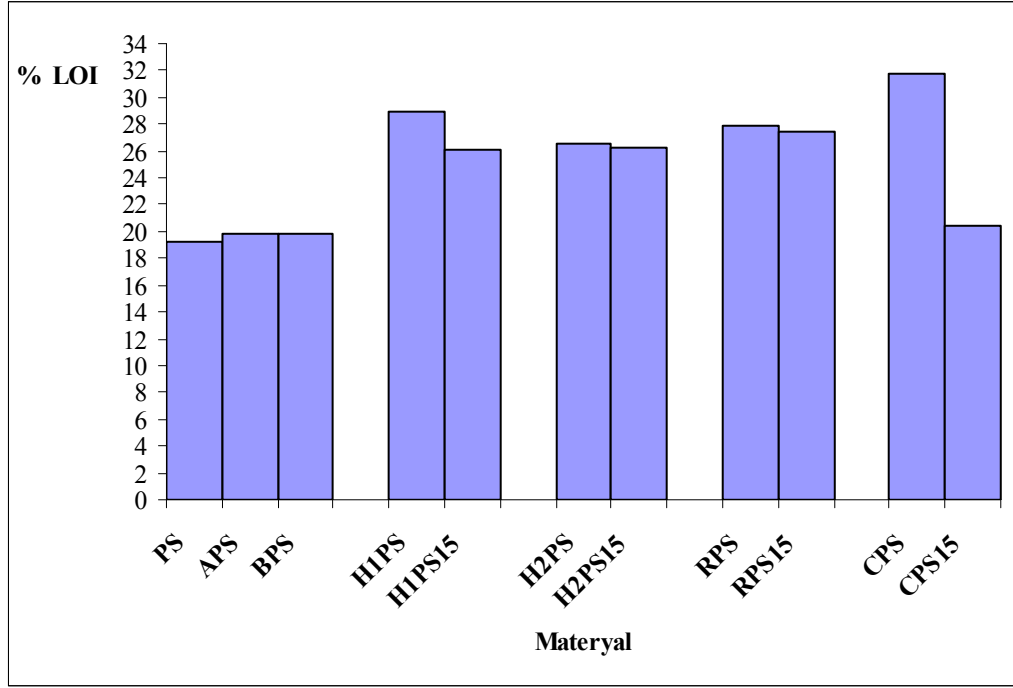
***H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi (H<sub>2</sub>AS)*** uygulanmış güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değeri % 26.72*** değerine ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre ***% 35'lik*** artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı gözlenmiştir. ***15. yıkama sonundaki LOI değeri %26.71*** ile yıkama öncesiyle benzer ve boyanmış kumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde ***% 35'lik*** bir artışın olduğu görülmüştür.

***R maddesi*** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değerinin %28.37 olduğu*** ve boyanmış kumaşa göre ***%43'lük*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı tespit edilmiştir. ***15. yıkama sonunda LOI değerinin ise %28.31*** olup, boyanmış kumaşa göre LOI değerinde ***%43 'lük*** bir artışın olduğu görülmüştür.

***C maddesi*** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değerinin %31.3'e*** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre ***%59'luk*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı, ***15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %20.71*** elde edilerek güç tutuşurluk özelliğini kaybettiği görülmüştür.

**Tablo IV.2 % 100 SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri**

<b>Materyal</b>	<b>LOI (%)</b>	<b>%'de Artış</b>
<b>PS</b>	19.3	-
<b>APS</b>	19.86	-
<b>BPS</b>	19.86	-
<b>H<sub>1</sub>PS</b>	28.91	45
<b>H<sub>1</sub>PS15</b>	26.10	31
<b>H<sub>2</sub>PS</b>	26.54	33
<b>H<sub>2</sub>PS15</b>	26.24	33
<b>RPS</b>	27.96	40
<b>RPS15</b>	27.45	38
<b>CPS</b>	31.80	60
<b>CPS15</b>	20.50	12



Şekil IV.2 % 100 SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

**Şekil IV.2'de %100 SeaCell®pure (PS) ham kumaşın LOI değeri 19.33** olarak tespit edilmiştir. Ağartma işlemi (APS) ve boyama işlemi (BPS) uygulanmış kumaşların LOI değerleri %19.86 olarak bulunmuştur.

***H maddesinin, H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PS) ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda LOI değerinin %28.91'e ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre % 45'lik bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. 15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %26.1 olup, boyanmış kumaşa göre %31'lik bir artışın olduğu tespit edilmiştir.***

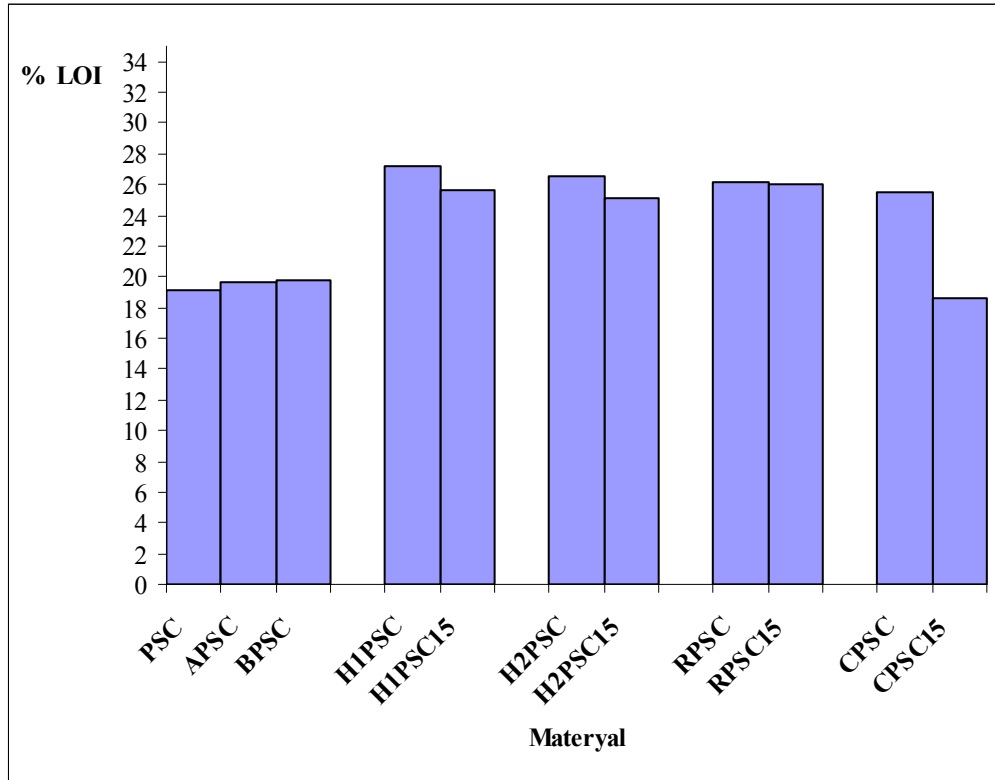
***H maddesinin, H<sub>2</sub> reçetesi (H<sub>2</sub>PS) uygulanmış kumaşta LOI değerinin %26.54'e ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre %33'lük bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı gözlenmiştir. 15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %26.24 olup, boyanmış kumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde %33'lük bir artışın olduğu görülmüştür.***

***R maddesi ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda LOI değerinin %27.96 olduğu ve boyanmış kumaşa göre %40'lık bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı tespit edilmiştir. 15. yıkama sonundaki LOI değeri ise % 27.45 olup, boyanmış kumaşa göre %38'lik bir artışın olduğu tespit edilmiştir.***

*C maddesi* ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda *LOI değerinin %31.8'e* değerine ulaştığı, boyanmışkumaşa göre *%60'lık* bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmektedir. *15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %20.5'e* düşerek güç tutuşurluk özelliğini kaybettiği Şekil IV.3'de görülmektedir.

**Tablo IV.3** %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

Materyal	LOI (%)	%'de Artış
PSC	19.13	-
APSC	19.70	-
BPSC	19.80	-
H <sub>1</sub> PSC	27.24	38
H <sub>1</sub> PSC15	25.59	29
H <sub>2</sub> PSC	26.51	33
H <sub>2</sub> PSC15	25.14	26
RPSC	26.16	32
RPSC15	25.96	31
CPSC	25.47	28
CPSC15	18.62	-5



**Şekil IV.3** %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

**%75/25 Pamuk/SeaCell® pure (PSC)** karışım kumaşın **LOI değeri %19.13** olarak tespit edilmiştir. Ağartma işlemi (APSC) ve boyama işlemi (BPSC) uygulanmış kumaşların LOI değerleri sırasıyla; %19.7 ve %19.8'dir.

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PSC)** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda **LOI değerinin % 27.24'e** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre **% 38'lik** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. **15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %23.59** olup, boyanmış kumaşa göre **% 29'luk** bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

**H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi (H<sub>2</sub>PSC)** uygulanmış kumaşta **LOI değerinin %26.51'e** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre **%33'lük** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı gözlenmiştir. **15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %25.14** olup, boyanmış kumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde **%26'lık** bir artışın olduğu görülmüştür.

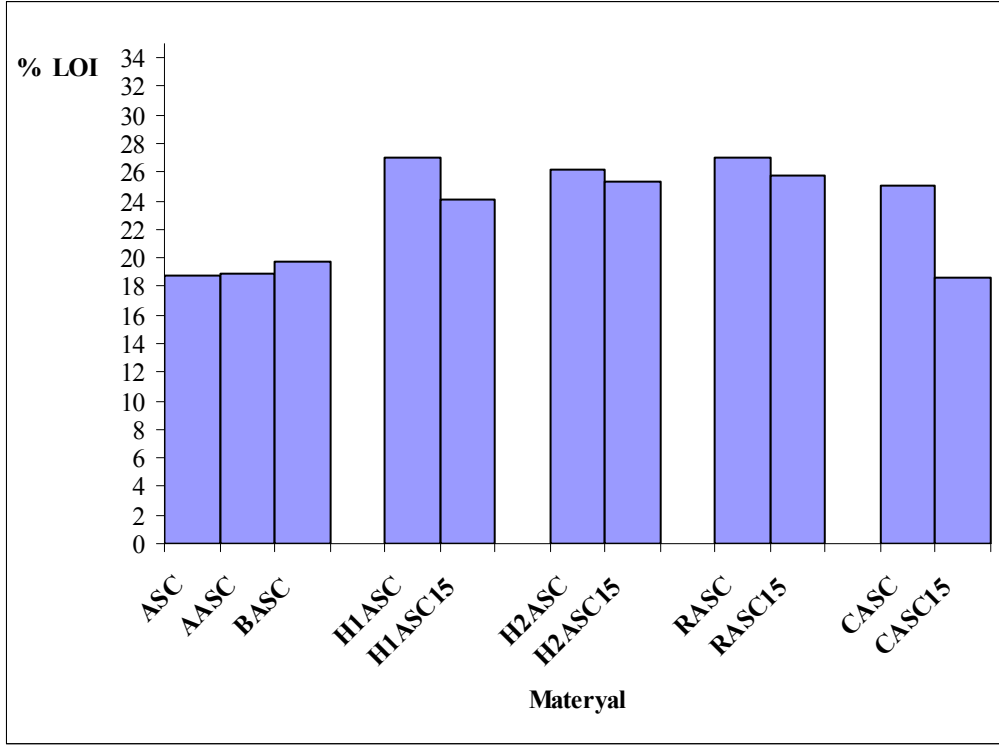
**R maddesi** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda **LOI değerinin %26.16'e** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre **%32'lik** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı tespit edilmiştir. **15. yıkama sonunda LOI değeri ise %25.96** olup, boyanmış kumaşa göre **%31'lik** bir artışın olduğu görülmüştür.

**C maddesi** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda **LOI değerinin %25.47'ye** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre **%28'lik** bir artışın olduğu görülmektedir. 15. yıkama sonundaki LOI değeri ise **%18.62'ye** düşerek güç tutuşurluk özelliğini kaybettiği Şekil IV.4'de görülmektedir.

**Tablo IV.4** %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

<b>Materyal</b>	<b>LOI (%)</b>	<b>%'de Artış</b>
ASC	18.77	-
AASC	18.88	-
BASC	19.76	-
H <sub>1</sub> ASC	27.03	44
H <sub>1</sub> ASC15	24.1	36
H <sub>2</sub> ASC	26.15	32
H <sub>2</sub> ASC15	25.3	28
RASC	26.96	34
RASC15	25.75	30

CASC	25.1	27
CASC15	18.61	-5



**Şekil IV.4** %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

***Şekil IV.4'de %75/25 Pamuk/SeaCell® active*** (ASC) kumaşın ***LOI değeri %18.77*** olarak tespit edildi. Ağartma işlemi (AASC) ve boyama işlemi (BASC) uygulanmış kumaşların LOI değerleri sırasıyla %18.88 ve %19.76'dır.

***H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>ASC)*** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değerinin % 27.03'e*** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre ***% 44'lük*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. ***15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %24.1*** olup, boyanmışkumaşa göre ***%36'lık*** bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

***H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi (H<sub>2</sub>ASC)*** uygulanması sonunda ***LOI değerinin % 26.15'e*** ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre ***%33'lük*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı gözlenmiştir. ***15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %25.3*** olup, boyanmışkumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde ***% 28'lik*** bir artışın olduğu görülmüştür.

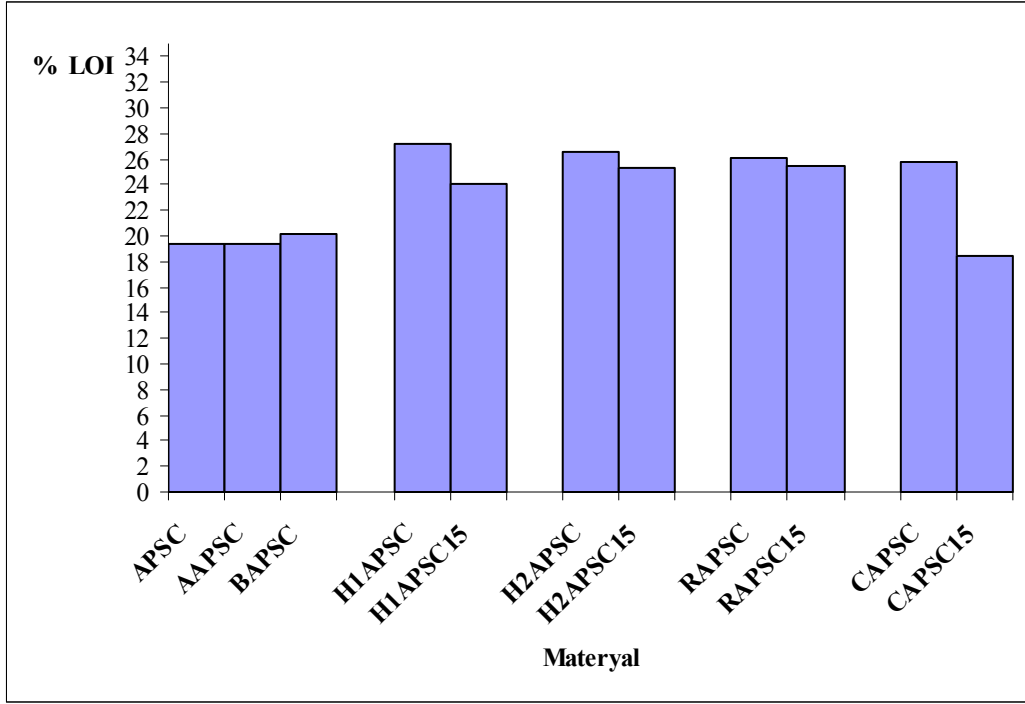
***R maddesi*** ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda ***LOI değerinin %26.96*** olduğu ve boyanmış kumaşa göre ***%34'lük*** bir artışla güç tutuşurluk özelliği

kazandığı tespit edilmiştir. *15. yıkama sonunda LOI değeri ise %25.75 olup, boyanmış kumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde %30'luk bir artışın olduğu görülmüştür.*

*C maddesi ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda LOI değerinin % 25.1'e ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre %27 'lik bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. 15. yıkama sonundaki LOI değeri ise %18.61'e düşerek güç tutuşurluk özelliğini kaybettiği tespit edilmiştir.*

**Tablo IV.5** %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®active/SeaCell®pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

<b>Materyal</b>	<b>LOI (%)</b>	<b>%'de Artış</b>
<b>APSC</b>	19.3	-
<b>AAPSC</b>	19.43	-
<b>BAPSC</b>	20.1	-
<b>H<sub>1</sub>APSC</b>	27.24	26
<b>H<sub>1</sub>APSC15</b>	24.1	17
<b>H<sub>2</sub>APSC</b>	26.64	32
<b>H<sub>2</sub>APSC15</b>	25.33	26
<b>RAPSC</b>	26.15	30
<b>RAPSC15</b>	25.51	26
<b>CAPSC</b>	25.8	28
<b>CAPSC15</b>	18.51	-



**Şekil IV.5** %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®active/SeaCell®pure Kumaşın Limit Oksijen İndeksleri

**Şekil IV.5'te % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®active/SeaCell®pure (APSC) kumaşın % LOI değeri 19.3 olarak tespit edilmiştir.** Ağartma işlemi (AAPSC) ve boyama işlemi (BAPSC) uygulanmış kumaşların LOI değerleri sırasıyla %19.7 ve %20.1'dir.

***H maddesinin, H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>APSC) uygulanmış kumaşta LOI değeri % 27.24'e ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre %26'lık bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. 15. yıkama sonunda ise LOI değeri %24.1 olup, boyanmış kumaşa göre %17'lik bir artışın olduğu tespit edilmiştir.***

***H maddesinin, H<sub>2</sub> reçetesi (H<sub>2</sub>APSC) uygulanmış kumaşta LOI değeri %26.64'e ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre %38'lik bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. 15. yıkama sonundaki LOI değeri %25.33 olup, boyanmış kumaşa göre %26'lık bir artışın olduğu görülmüştür.***

***R maddesi ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda LOI değeri %26.15 olduğu ve boyanmış kumaşa göre %30'luk bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandırıldığı tespit edilmiştir. 15. yıkama sonunda LOI değerinin ise %25.51 olarak görüldüğü ve boyanmış kumaşa göre %26 'lık LOI değerinde bir artışın olduğu tespit edilmiştir.***

*C maddesi* ile yapılan güç tutuşurluk bitim işlemleri sonunda *LOI değerinin %25.8'e* ulaştığı ve boyanmış kumaşa göre *%28'lik* bir artışla güç tutuşurluk özelliği kazandığı görülmüştür. *15. yıkama sonundaki LOI değerinin ise %18.51'e düştüğü* ve güç tutuşurluk özelliğini kaybettiği Şekil IV.5'de görülmektedir.

## IV.2. TERMAL ANALİZLER

Termal analizlerden, termal gravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Kimya Enstitüsü'nde yapılmıştır.

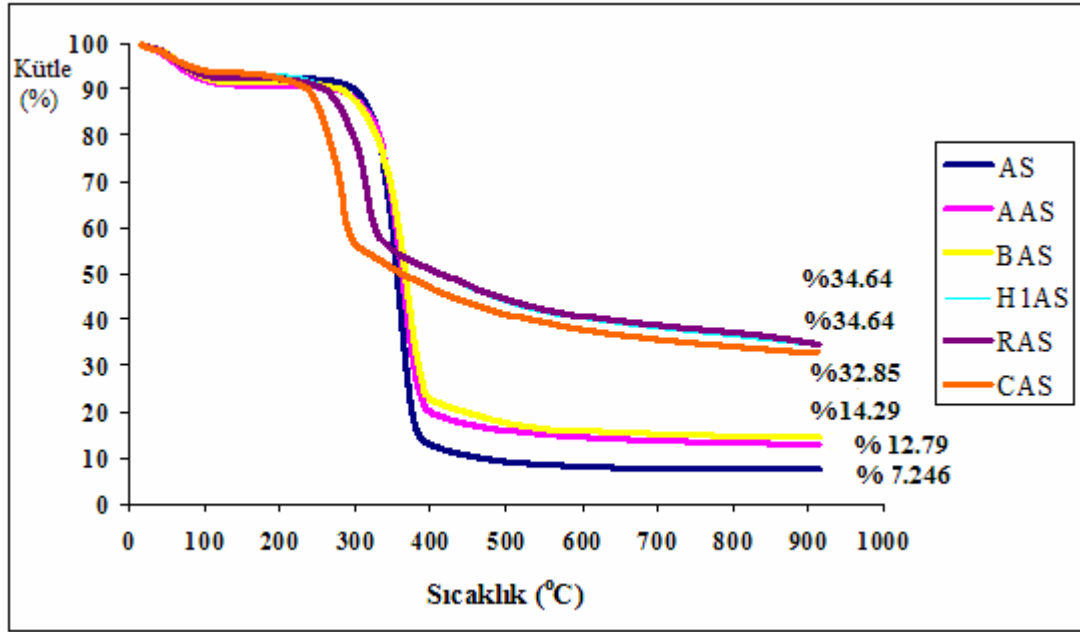
Termal gravimetri analizi Perkin ELMER - Pyris1 cihazında, N<sub>2</sub> gazı altında, 20-900 °C'de ve sıcaklık artışı 10°C/dak olacak şekilde gerçekleşmiştir.

Diferansiyel taramalı kalorimetri analizi, Perkin ELMER - DSC 4000 cihazında, N<sub>2</sub> gazı altında, 10-350°C'de ve sıcaklık artışı 10°C/dak olacak şekilde gerçekleşmiştir.

### IV.2.1. Termal Gravimetrik Analiz (TGA)

***Şekil IV.6'de*** boyanmış %100 SeaCell® active (AS), ağartılan %100 SeaCell® active (AAS), boyanan %100 SeaCell® active (BAS), H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan %100 SeaCell® active (H<sub>1</sub>AS), R maddesi uygulanan %100 SeaCell® active (RAS) ve C maddesi uygulanan %100 SeaCell® active (CAS) kumaşlarına ait TGA termogramı görülmektedir.





**Şekil IV.6** % 100 SeaCell® active Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı

**Boyanmış%100 SeaCell® active (AS) kumaşın, ağartma işlemi (AAS) ve boyama işlemi (BAS) yapılmış kumaşların bozunma sıcaklığı yaklaşık 304°C'dir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>AS) ve R maddesi (RAS) uygulanmış kumaşların TGA termogram eğrilerinin aynı olduğu ve bozunma sıcaklığının ~263°C olduğu görülmektedir.**

**C maddesi (CAS) uygulanmış kumaşın bozunma sıcaklığının ~238°C'de olduğu tespit edilmiştir.**

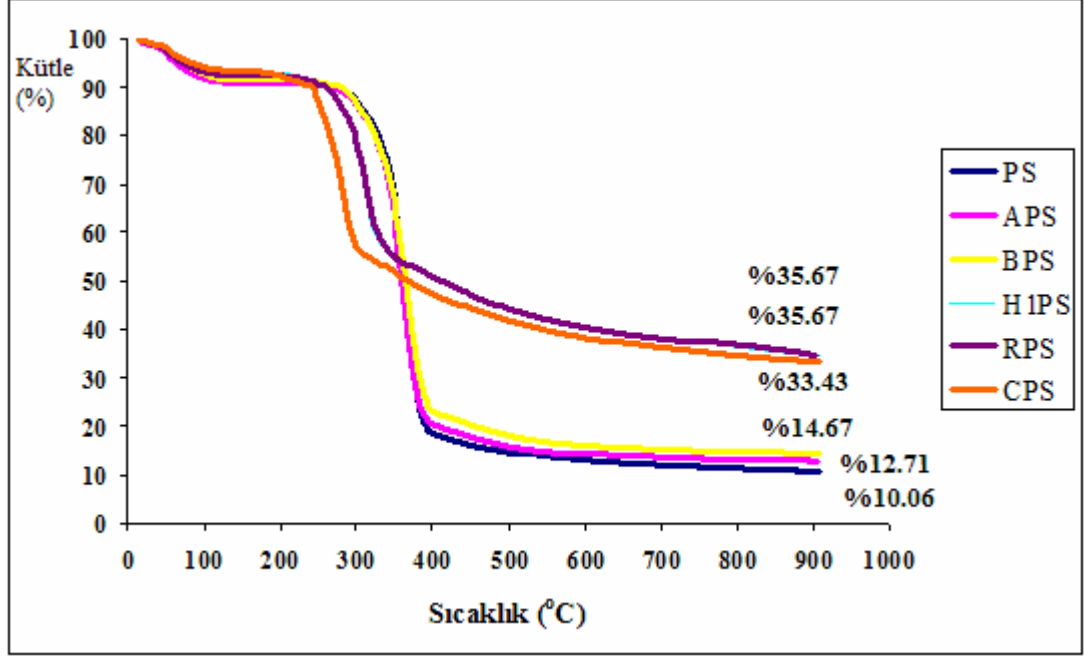
**Şekil IV. 6'de %100 SeaCell® active (AS) kumaşta %7.246, ağartma işlemi uygulanan kumaşta (AAS) %12.79, boyanan kumaşta (BAS) ise %14.29 oranında kül oluşumu görülmektedir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>AS) ve R maddesi (RAS) uygulanmış kumaşta kömür oluşum oranı %34 iken,**

**C maddesi (CAS) uygulanmış olan kumaşta ise %32.85 oranında oluştuğu görülmektedir.**

**Şekil IV.7'de ham %100 SeaCell® pure (PS), ağartılan %100 SeaCell® pure (APS), boyanan %100 SeaCell® pure (BPS), H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan %100 SeaCell® pure (H<sub>1</sub>PS), R maddesi uygulanan %100 SeaCell® pure (RPS) ve C**

maddesi uygulanan %100 SeaCell®pure (CPS) kumaşlara ait TGA termogramı görülmektedir.



Şekil IV.7 % 100 SeaCell®pure Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı

**Ham %100 SeaCell®pure (PS) kumaşın, ağartma işlemi (APS) ve boyama işlemi (BPS)** yapılmış kumaşların **bozunma sıcaklığı ~300°C'dir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PS) ve R maddesi (RPS)** uygulanmış kumaşların **TGA termogram eğrilerinin aynı olduğu ve bozunma sıcaklığının ~262°C** olduğu görülmektedir.

**C maddesi (CPS)** uygulanmış kumaşın **bozunma sıcaklığının ~246°C'de** olduğu tespit edilmiştir.

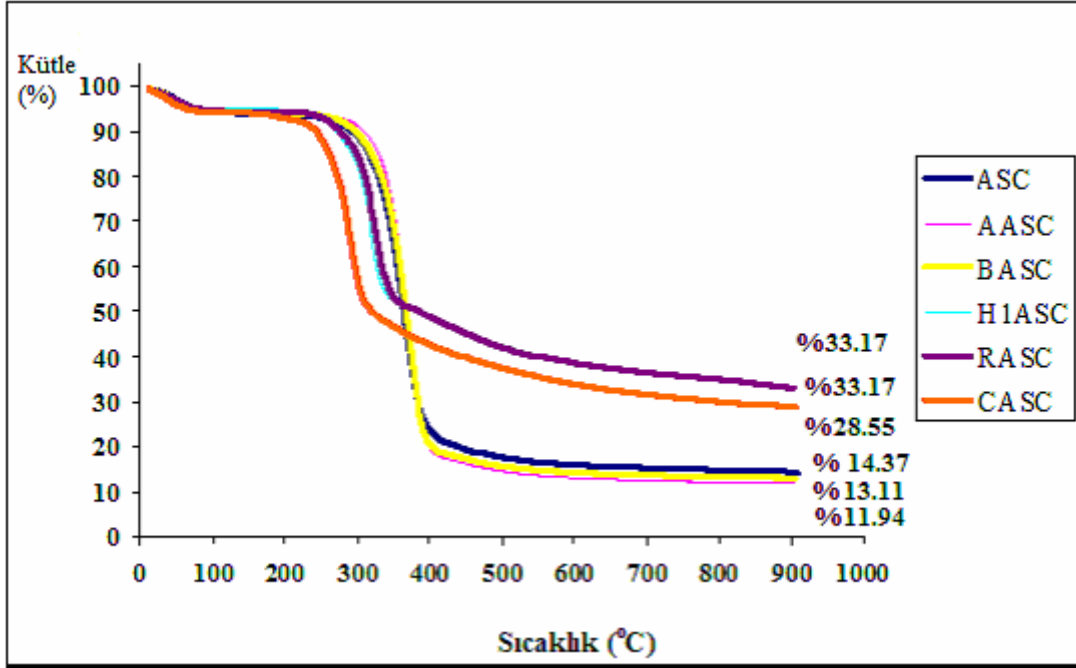
**Şekil IV.7'de ham %100 SeaCell®active (PS) kumaşta %10.06,** ağartma işlemi uygulanan kumaşta (APS) **%12.71,** boyama işlemi uygulanan kumaşta (BPS) ise **%14.67** oranında kömür oluşumu görülmektedir.

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PS) ve R maddesi (RPS)** uygulanmış kumaşta **kömür oluşum oranı %35.67** iken,

**C maddesi (CPS)** uygulanmış kumaşta ise **% 33.43** oranında oluştuğu görülmektedir.

**Şekil IV.8'te** ham %75/25 Pamuk/SeaCell®active (ASC) kumaşa ait ve bu kumaşın, ağartma (AASC), boyama (BASC) işlemleri yapılmış, H maddesinin H<sub>1</sub>

reçetesi (H<sub>1</sub>ASC), R maddesi (RASC) ve C maddesi uygulanmış (CASC) kumaşlarına ait TGA termogramı verilmiştir.



**Şekil IV.8** %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı

**Ham %75/25Pamuk/SeaCell® active(ASC) kumaşın, ağartma işlemi (AASC), boyama işlemi (BASC) yapılmış kumaşların bozunma sıcaklığı ~300°C'dir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PS) ve R maddesi (RPS) uygulanmış kumaşların TGA termogram eğrilerinin aynı olduğu ve bozunma sıcaklığının ~262°C olduğu** görülmektedir.

**C maddesi (CASC) uygulanmış kumaşın bozunma sıcaklığının ~242°C'de** olduğu tespit edilmiştir.

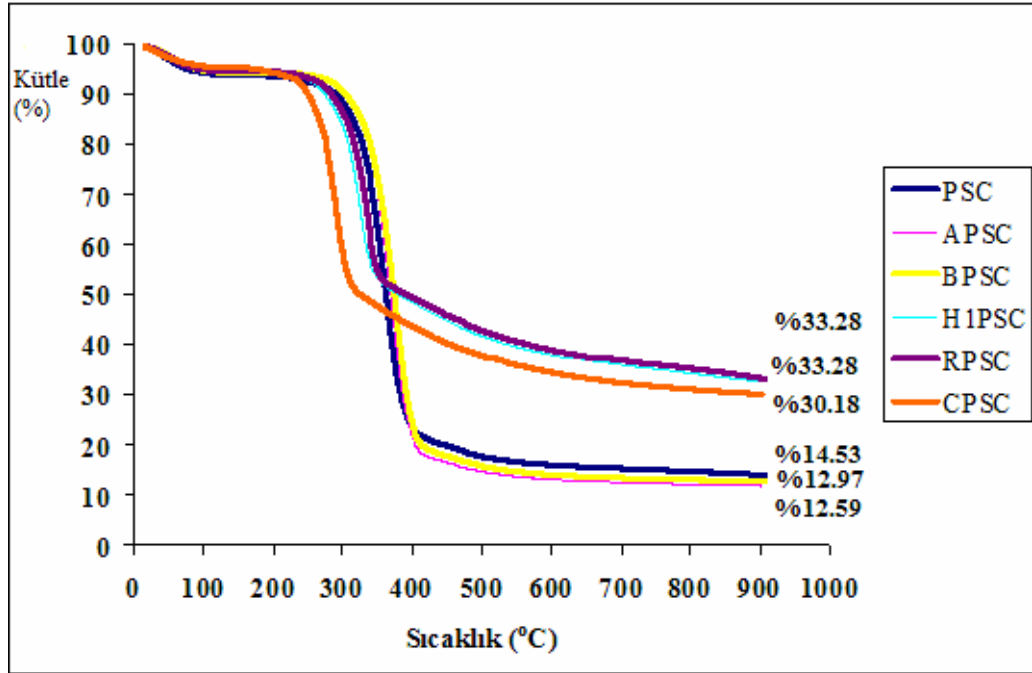
**Şekil IV.8'de** ham %75/25 Pamuk/SeaCell® active (ASC) kumaşta **%11.94**, ağartma işlemi uygulanan (AASC) kumaşta **%13.11**, boyama işlemi uygulanan (BASC) kumaşta ise **% 14.37** oranında kömür oluşumu görülmektedir.

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>ASC) ve R maddesi (RASC) uygulanmış kumaşlarda kömür oluşum oranı %33.17** iken,

**C maddesi (CASC) uygulanmış kumaşta ise %28.55** oranında oluştuğu görülmektedir.

**Şekil IV.9'da** ham %75/25 Pamuk/SeaCell® pure (PSC) kumaşa ait ve bu kumaşın, ağartma (APSC), boyama (BPSC) işlemleri yapılmış, H maddesinin H<sub>1</sub>

reçetesi (H<sub>1</sub>PSC), R maddesi uygulanan ve C maddesi (CPSC) uygulanmış kumaşlarına ait TGA termogramı verilmiştir.



**Şekil IV.9** %75/25 Pamuk/SeaCell<sup>®</sup> pure Kumaşın ve Uygulana Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı

**Ham %75/25 Pamuk/SeaCell<sup>®</sup> pure (PSC) kumaşın, ağartma işlemi (APSC) ve boyama işlemi (BPSC) yapılmış kumaşların bozunma sıcaklığı ~304°C'dir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PSC) ve R maddesi (RPSC) uygulanan kumaşların TGA termogram eğrilerinin aynı olduğu ve bozunma sıcaklığının ~263°C olduğu görülmektedir.**

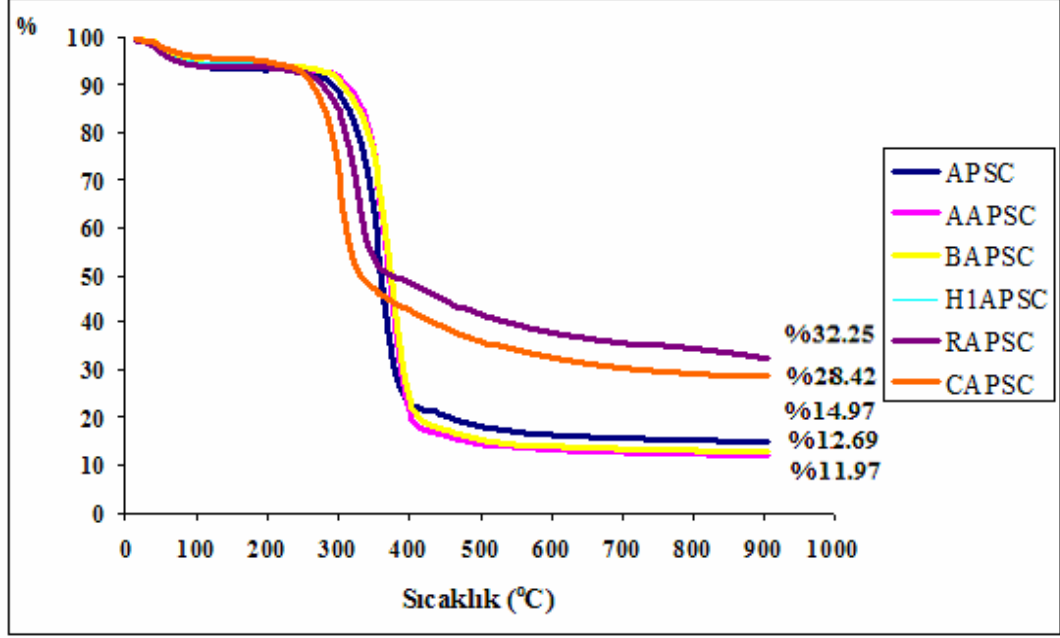
**C maddesi (CPSC) uygulanan kumaşın bozunma sıcaklığının ~243°C'de olduğu tespit edilmiştir.**

**Şekil IV.9'da ham %75/25 Pamuk/SeaCell<sup>®</sup> pure (PSC) kumaşta %12.59, ağartma işlemi uygulanan (APSC) kumaşta %12.97, boyama işlemi uygulanan (BPSC) kumaşta ise % 14.53 oranında kömür oluşumu görülmektedir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>PSC) ve R maddesi (RPSC) uygulanan kumaşlarda kömür oluşum oranı %33.28 iken,**

**C maddesi (CPSC) uygulanan kumaşta %30.18 oranında oluştuğu görülmektedir.**

**Sekil IV.10'da** ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure (APSC) kumaşa ait ve bu kumaşın, ağartma (AAPSC), boyama (BAPSC) işlemleri yapılmış, H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>APSC), R maddesi (RAPSC) ve C maddesi (CAPSC) uygulanmış kumaşlarına ait TGA termogramları verilmiştir.



**Sekil IV.10** % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşın ve Uygulanan Terbiye İşlemlerine Göre TGA Termogramı

**Ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure (APSC) kumaşın, ağartma işlemi (AAPSC) ve boyama işlemi (BAPSC) uygulanmış kumaşların bozunma sıcaklığı yaklaşık ~310°C'dir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>APSC) ve R maddesi (RAPSC) uygulanmış kumaşların TGA termogram eğrilerinin aynı olduğu ve bozunma sıcaklıklarının ise ~267°C olduğu görülmektedir.**

**C maddesi (CAPSC) uygulanmış kumaşın bozunma sıcaklığının ~260°C'de olduğu tespit edilmiştir.**

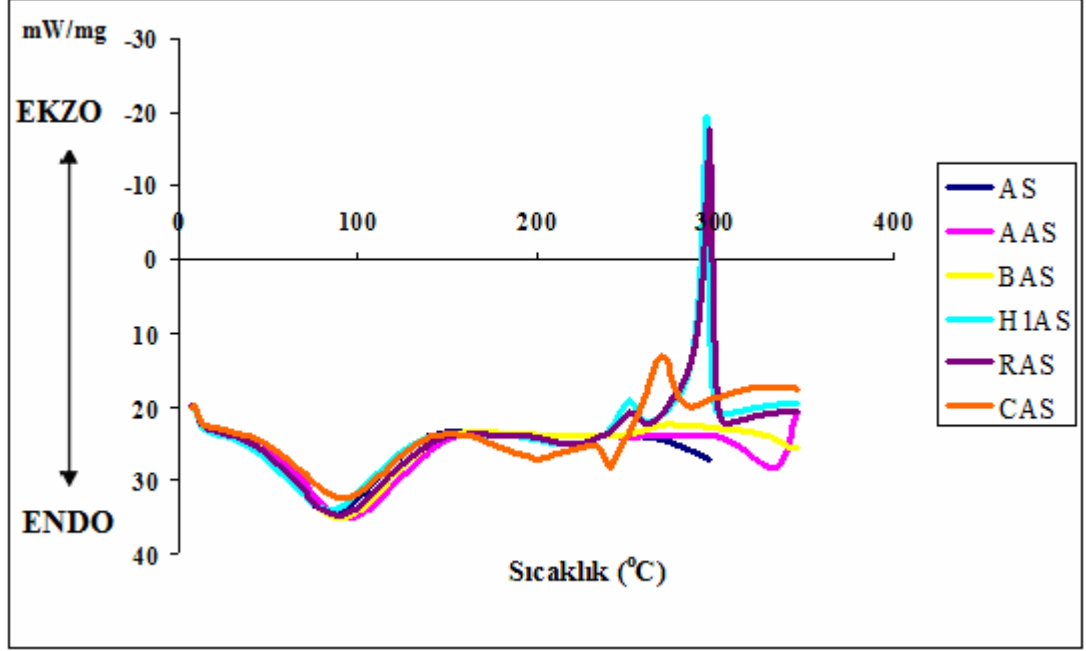
**Ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure (APSC) kumaşta %11.97, ağartılmış kumaşta (AAPSC) %12.69, boyama yapılmış (BAPSC) kumaşta ise %14.97 oranında kömür oluşumu görülmektedir.**

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi (H<sub>1</sub>APSC) ve R maddesi (RAPSC) uygulanmış kumaşta kömüroluşumu oranı %32.25 iken,**

**C maddesi (CAPSC) uygulanmış kumaşta ise %28.42 oranında oluştuğu görülmektedir.**

#### IV.2.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Analizleri

**Şekil IV.11'de**, ham ve terbiye işlemi uygulanmış % 100 SeaCell® active kumaşların DSC Termogramları görülmektedir.



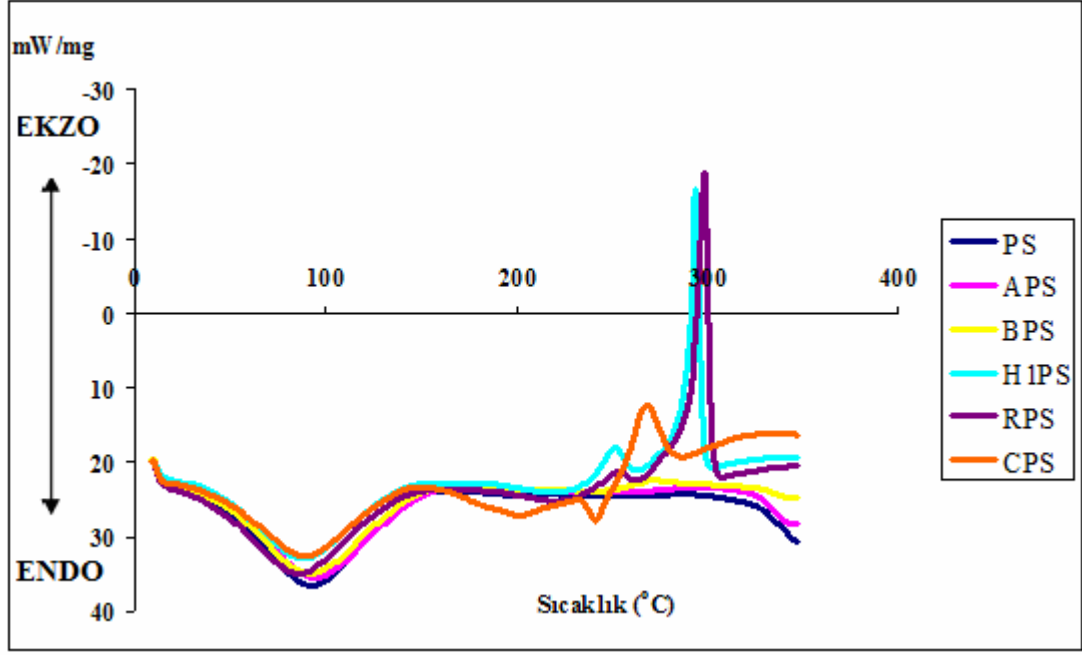
**Şekil IV.11** Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış % 100 Seacell® active Kumaşların DSC Temogramları

**Ham ve terbiye işlemi uygulanmış %100 SeaCell® active kumaşlarda** ~100°C'de endotermik pik görülmüştür.

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve R maddesi** uygulanmış kumaşlarda ~267.79°C'de ikinci endotermik pik gözlemlenmiştir. Bu pikin arkasından ~294°C'de ekzotermik bir pik meydana gelmiştir.

**C maddesi** uygulanmış kumaşta ise ~244°C'de ikinci endotermik pik ve ~273°C'de ekzotermik bir pik görülmüştür.

**Şekil 12'de**, ham ve terbiye işlemi uygulanmış % 100 SeaCell® pure kumaşların DSC Temogramları görülmektedir.



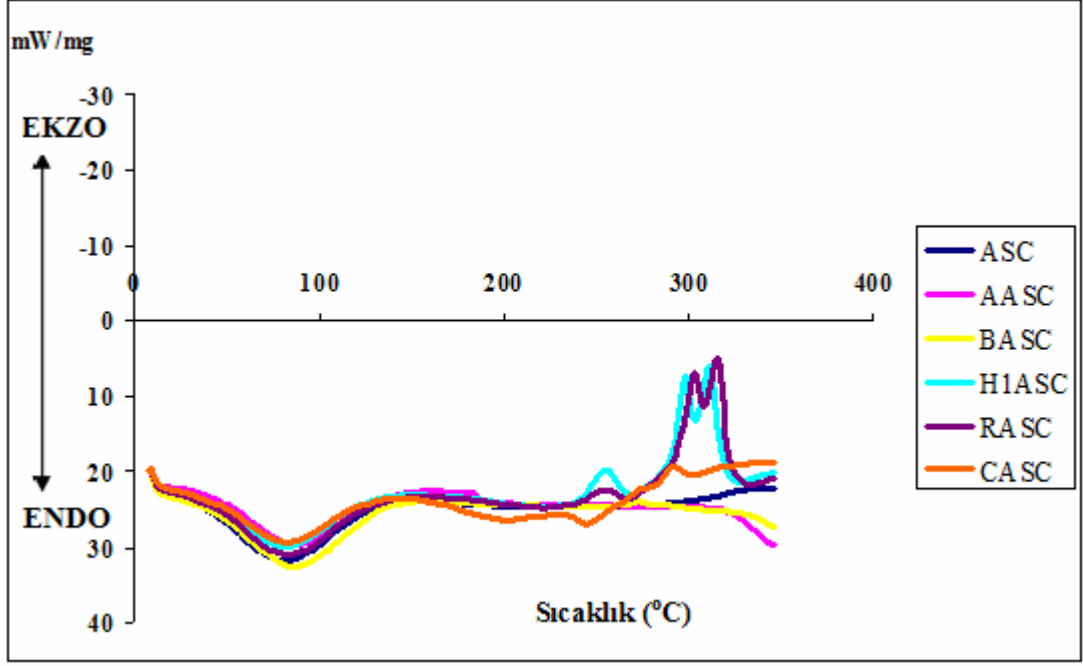
Şekil IV.12 Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış % 100 Seacell® pure Kumaşların DSC Temogramları

Ham ve terbiye işlemi uygulanmış % 100 SeaCell® pure kumaşlarda  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik bir pik görülmüştür.

H maddesinin  $H_1$  reçetesi ve R maddesi uygulanmış kumaşlarda  $\sim 266.79^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pikin olduğu ve hemen sonra H maddesinin  $H_1$  reçetesi uygulanmış kumaşta  $\sim 297.74^{\circ}\text{C}$ 'de, R maddesi uygulanmış kumaşta ise  $299.09^{\circ}\text{C}$  ekzotermik pik tespit edilmiştir.

C maddesi uygulanmış kumaşta ikinci endotermik pik  $\sim 244^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 271^{\circ}\text{C}$  'de ekzotermik bir pik tespit edilmiştir.

Şekil 13'te, ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşların DSC spektralarını görülmektedir.



**Şekil IV.13** Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşların DSC Temogramları

Ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşlarda  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik bir pik görülmüştür.

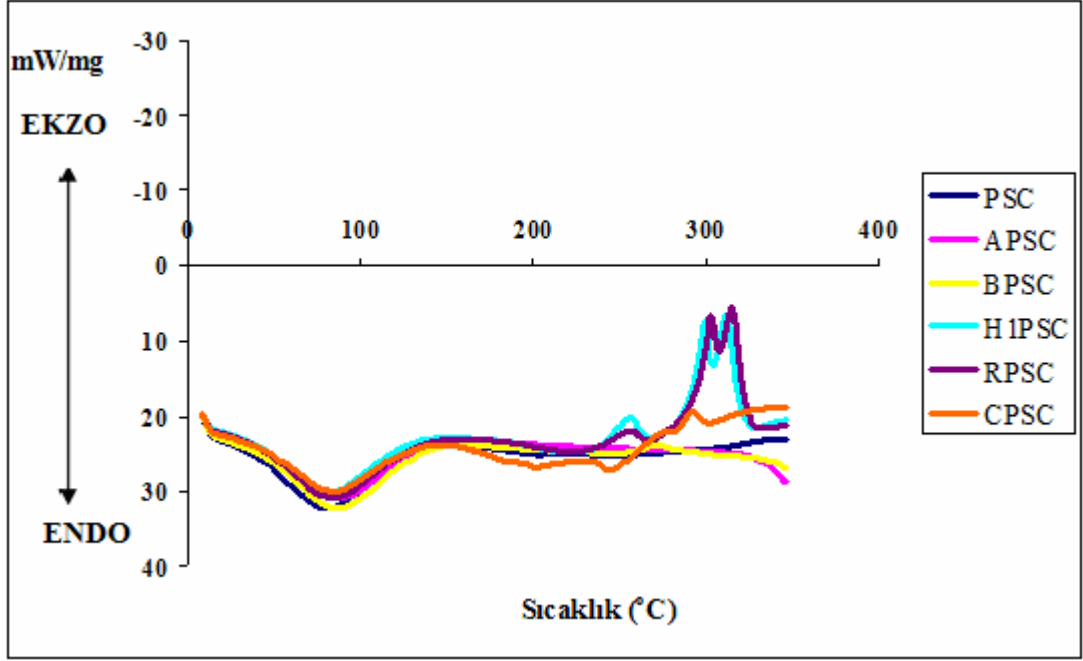
H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşta  $\sim 270^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pik görülmüştür.  $\sim 303^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 314^{\circ}\text{C}$ 'de ise iki ekzotermik pik meydana gelmiştir.

R maddesi uygulanmış kumaşta  $\sim 269^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pik görülmüştür.  $\sim 304^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 316^{\circ}\text{C}$ 'de ise iki ekzotermik bir pik meydana gelmiştir.

C maddesi uygulanmış kumaşta ikinci endotermik pik  $\sim 250^{\circ}\text{C}$ 'de görülmüştür.  $\sim 296^{\circ}\text{C}$ 'de ekzotermik pik tespit edilmiştir.

Şekil IV.14'te, ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşların DSC Temogramları görülmektedir.





Şekil IV.14 Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® pure Kumaşların DSC Temogramları

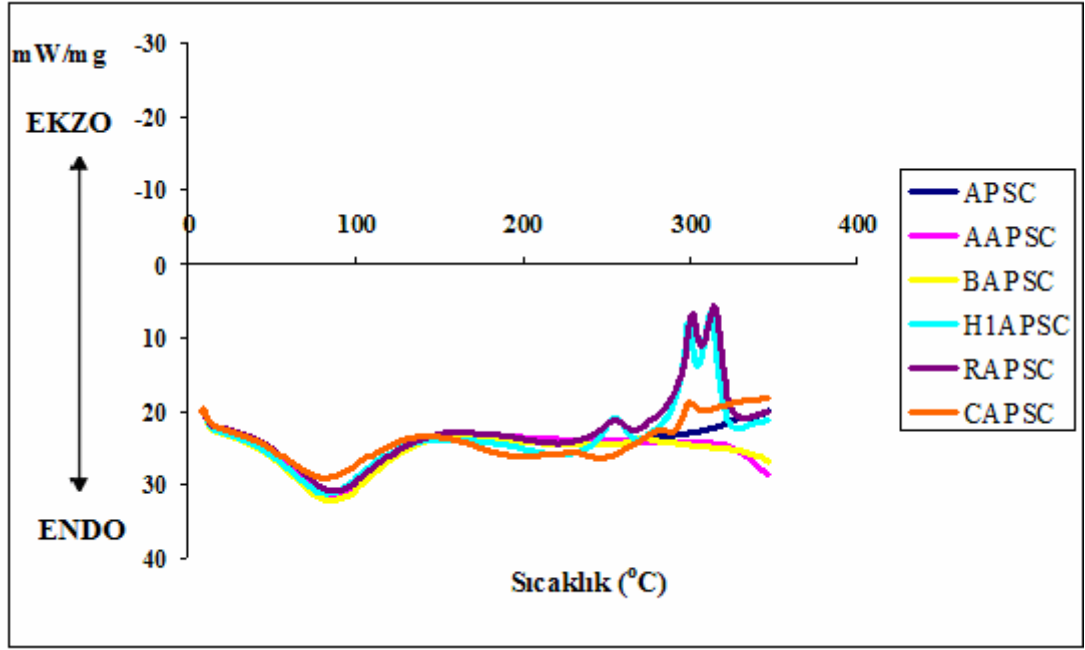
Ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşlarda  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik bir pik görülmüştür.

H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşta  $\sim 270^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pik tespit edilmiştir.  $\sim 302^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 314^{\circ}\text{C}$ 'de ise iki ekzotermik pik gözlemlenmiştir.

R maddesi uygulanmış kumaşta  $\sim 269^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pik görülmüştür.  $\sim 304^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 316^{\circ}\text{C}$ 'de iki ayrı ekzotermik pik meydana gelmiştir.

C maddesi uygulanmış kumaşta ikinci endotermik pik  $\sim 250^{\circ}\text{C}$ 'de görülmüştür.  $\sim 295^{\circ}\text{C}$ 'de ekzotermik pik tespit edilmiştir.

Şekil IV.15'te, ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®active/SeaCell®pure kumaşların DSC Temogramları görülmektedir.



Şekil IV.15 Ham ve Terbiye İşlemi Uygulanmış %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşların DSC Temogramları

**Ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active /SeaCell® pure kumaşlarda**  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik bir pik görülmüştür.

**H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi** uygulanmış kumaşta  $\sim 270^{\circ}\text{C}$ 'de ikinci endotermik pik tespit edilmiştir.  $\sim 302^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 314^{\circ}\text{C}$ 'de iki ekzotermik bir pik görülmüştür.

**R maddesi** uygulanmış kumaşta  $\sim 269^{\circ}\text{C}$  ikinci endotermik pik görülmüştür.  $\sim 304^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 315^{\circ}\text{C}$ 'de iki ekzotermik pik meydana gelmiştir.

**C maddesi** uygulanmış kumaşta ikinci endotermik pik  $\sim 248^{\circ}\text{C}$ 'de görülmüştür.  $\sim 304^{\circ}\text{C}$ 'de ekzotermik pik tespit edilmiştir.

### IV.3. FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİSİ

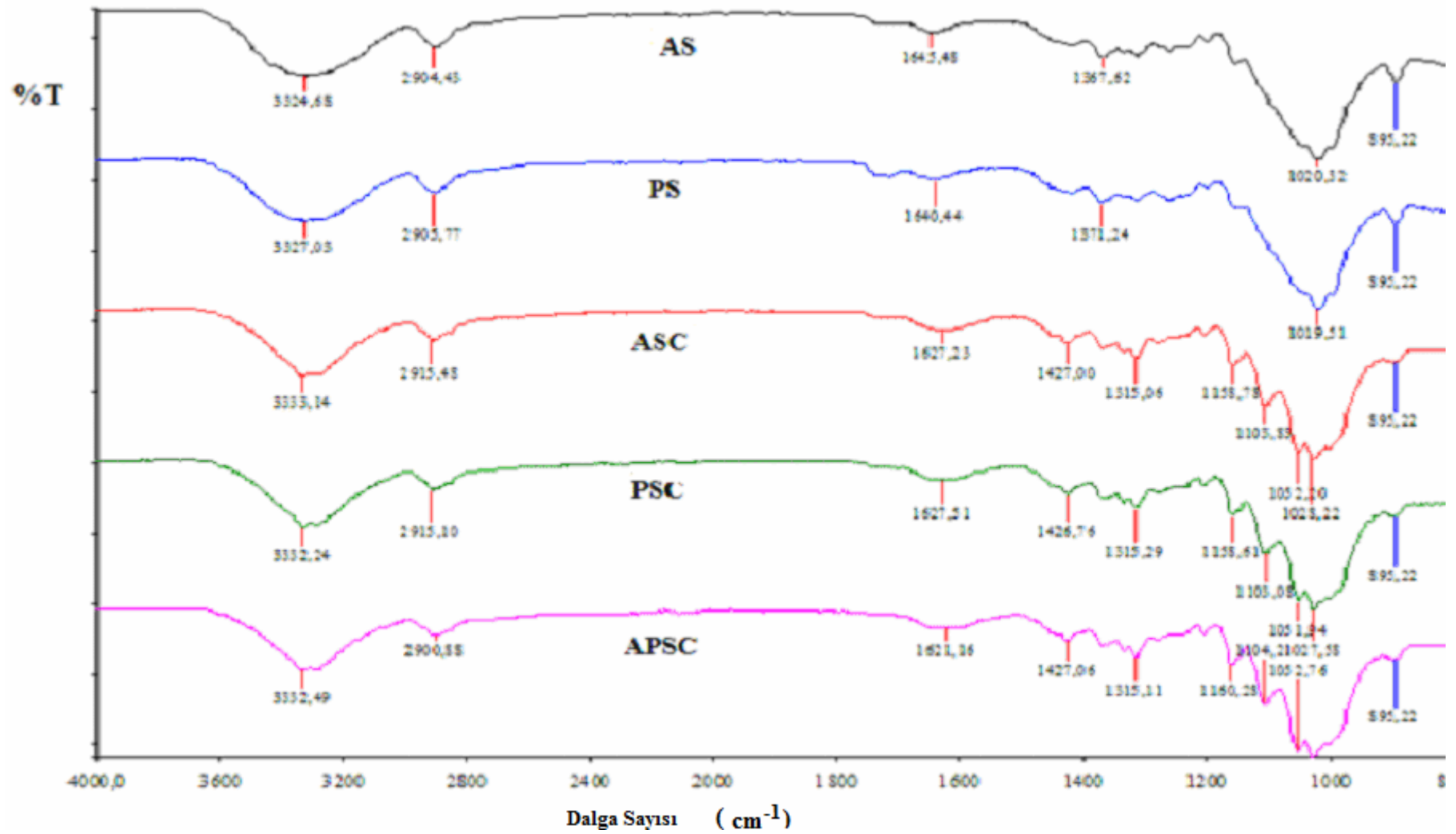
Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy - FTIR) ölçümleri Spotlight 400 FTIR cihazında gerçekleştirilmiştir. Şekiller, ilk önce ham kumaşların spektrumlarının ve daha sonra ise her bir ham kumaşın uygulama yapılan kumaşların spektrumları ile karşılaştırılması şeklinde verilmiştir.

**Ham kumaşların FTIR spektrumu Şekil IV.16'da** görülmektedir. %100 SeaCell® active (AS) ve SeaCell® pure (PS) kumaş için benzer pikler **3324, 2915, 1645, 1367, 1020 ve 894  $cm^{-1}$** 'de görülmüştür.

%75/25 Pamuk/SeaCell® pure (PSC), %75/25 Pamuk/SeaCell® active (ASC), ve %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® pure/SeaCell® active (APSC) karışımlarında ise, **3333, 2900, 1627, 1426, 1315, 1158, 1103, 1028, 895  $cm^{-1}$**  karakteristik pikler elde edilmiştir.

**%100 SeaCell® active (AS) ve SeaCell® pure (PS) kumaşların 3300  $cm^{-1}$**  de -OH gerilme titreşimi, **2915  $cm^{-1}$**  de  $CH_2$  ve  $CH_3$ 'un asimetric/simetric gerilimleri görülmüştür. **1627-1645  $cm^{-1}$**  ve **1327-1370  $cm^{-1}$**  karboksilat grubuna ait karbonil piki (C=O) görülmektedir. **1028-1050  $cm^{-1}$**  de selüloz halkasına ait gerilme pikleri görülmüştür.

**%75/25 Pamuk/SeaCell® pure (PSC), %75/25 Pamuk/SeaCell® active (ASC), ve %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® pure/SeaCell® active (APSC), karışımlarında ise 3300  $cm^{-1}$**  de -OH gerilme titreşimi, **2900  $cm^{-1}$**  de  $CH_2$  ve  $CH_3$ 'un asimetric/simetric gerilimleri tespit edilmiştir. **1627  $cm^{-1}$**  de C=O ve **1315  $cm^{-1}$**  de karboksilatın karbonil piki görülmektedir. **1426  $cm^{-1}$**  de ise C-H titreşimleri ve **1028-1050  $cm^{-1}$**  de selüloz halkasına ait gerilme pikleri görülmektedir.

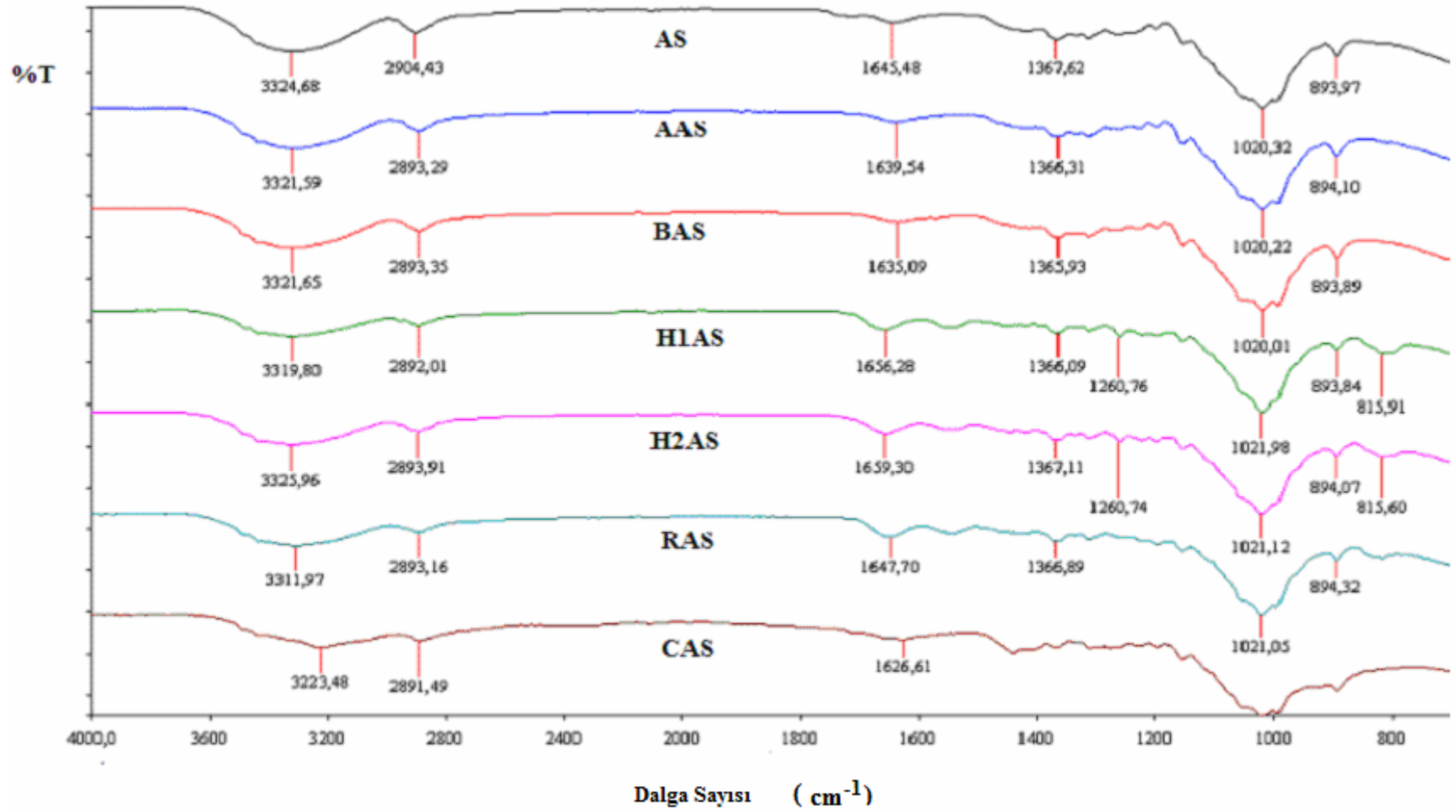


Şekil IV.16 Ham Kumaşların FTIR Spektrumu

**Sekil IV.17** ham ve terbiye işlemleri uygulanmış %100 SeaCell® active kumaşların FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır.

**Ham (AS), ağartılmış (AAS) ve boyanmış (BAS) %100 SeaCell® active** kumaşların  $3325\text{ cm}^{-1}$ 'de -OH gerilme titreşimi,  $2900\text{ cm}^{-1}$ 'de  $\text{CH}_2$  ve  $\text{CH}_3$ 'ün asimetrik/simetrik gerilimleri görülmüştür.  $1635\text{-}1660\text{ cm}^{-1}$ 'de C=O gerilimleri görülmüştür.

**H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi ve R maddesi** uygulanmış kumaşlarda  $1541\text{-}1558\text{ cm}^{-1}$ 'de N-H piki görülmektedir.  $1656\text{ cm}^{-1}$  ve  $1360\text{ cm}^{-1}$ 'de karboksilat fonksiyonel grubuna ait karbonil piki tespit edilmiştir. H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlarda organofosfora ait fosfin oksit (P=O) fonksiyonel grubu  $1260\text{ cm}^{-1}$ 'de ve çapraz bağlayıcıya ait triazin piki  $815\text{ cm}^{-1}$ 'de ise olduğu görülmüştür.

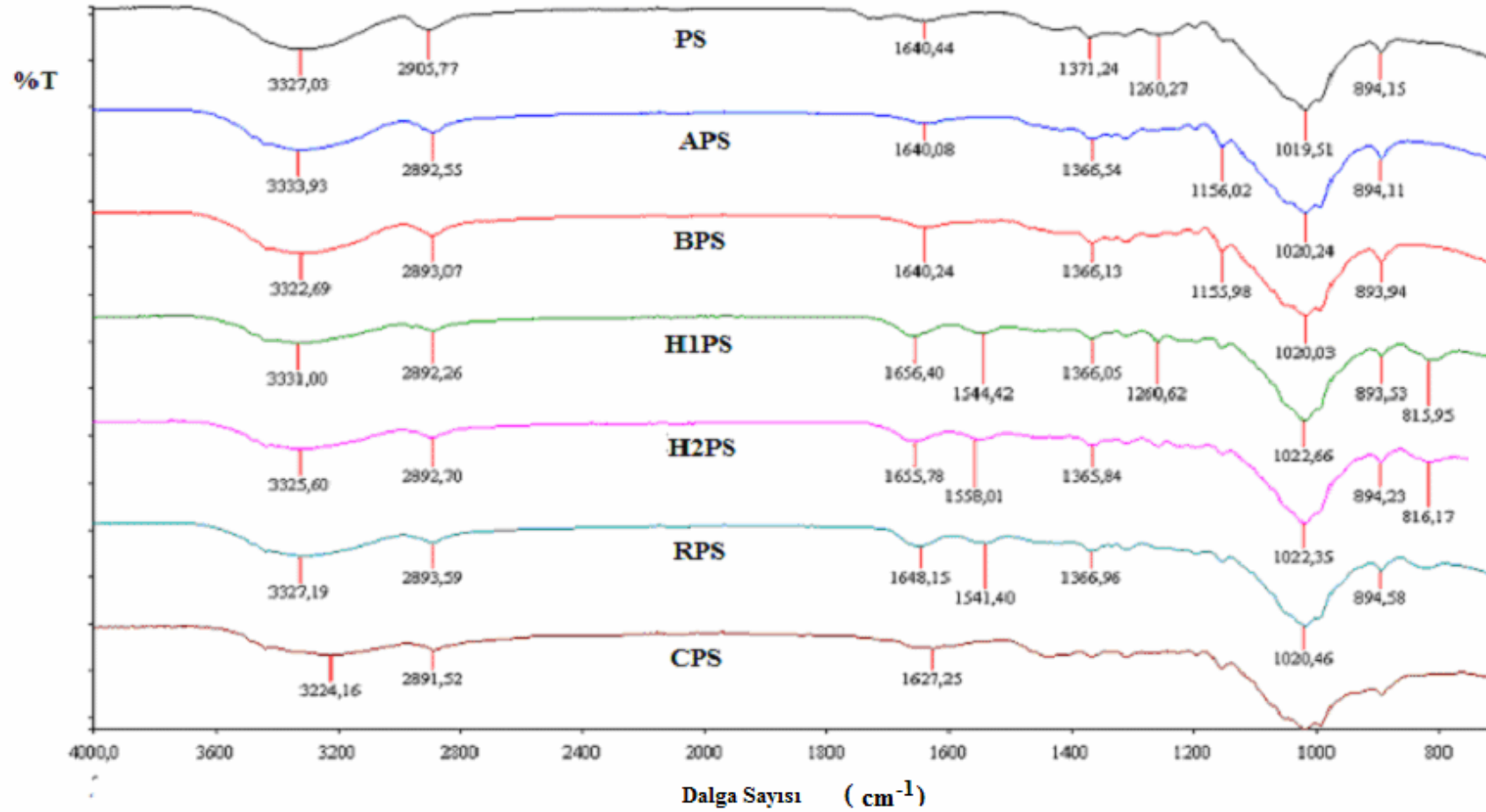


Şekil IV.17 %100 SeaCell<sup>®</sup> active Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu

**Sekil IV.18'te** ham ve terbiye işlemi uygulanmış %100 SeaCell® pure kumaşların FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır.

**Ham (PS), ağartılmış (APS) ve boyanmış (BPS) %100 SeaCell® pure** kumaşların  $3325\text{ cm}^{-1}$ 'de –OH gerilme titreşimi,  $2905\text{ cm}^{-1}$ 'de CH<sub>2</sub> ve CH<sub>3</sub> gruplarına ait asimetrik/simetrik gerilimleri ve  $1640-1656\text{ cm}^{-1}$ 'de C=O karbonil piki görülmektedir.

**H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi ve R maddesi** uygulanmış kumaşlarda  $1541-1558\text{ cm}^{-1}$ 'de N-H piki görülmektedir.  $1656\text{ cm}^{-1}$  ve  $1360\text{ cm}^{-1}$ 'de karboksilat fonksiyonel grubuna ait karbonil piki tespit edilmiştir. H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşta organofosfora ait fosfin oksit (P=O) fonksiyonel grubu  $1260\text{ cm}^{-1}$ 'de olduğu görülmüştür. Buna karşılık H<sub>2</sub> reçetesi ve R maddesinin uygulandığı kumaşlarda böyle bir pik oluşmadığı görülmüştür. H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesinin ve R maddesinin uygulandığı kumaşlarda çapraz bağlayıcıya ait triazin piki  $815\text{ cm}^{-1}$ 'de görülmüştür.



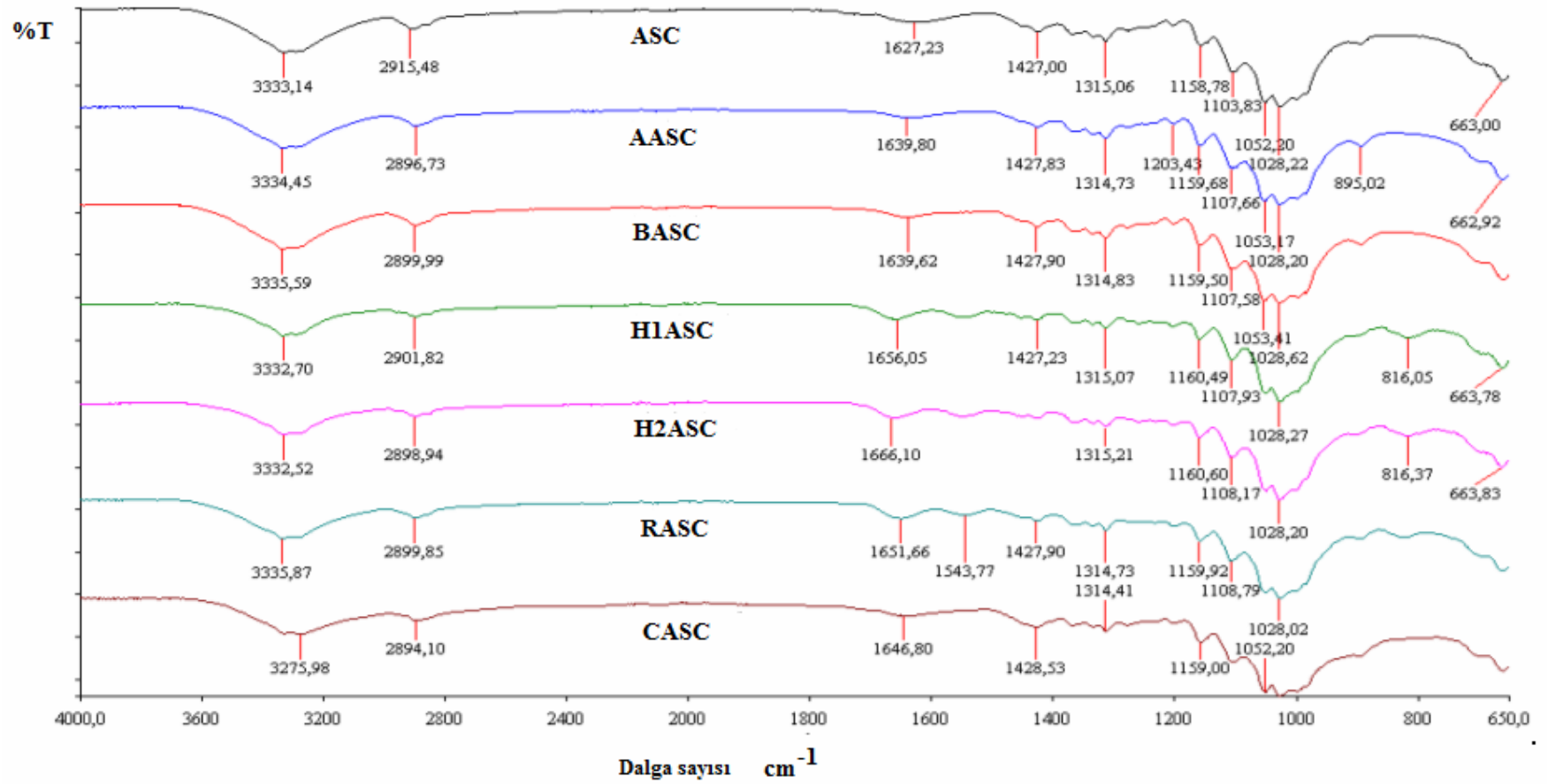
Şekil IV.18 %100 SeaCell<sup>®</sup> pure kumaşa uygulanan işlemlere göre FTIR spektrumu



**Sekil IV.19** ham ve terbiye işlemi uygulanmış %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşların FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır.

**Ham (ASC), ağartılmış (AASC) ve boyanmış (BASC) %75/25 Pamuk/SeaCell® active** kumaşların  $3300\text{ cm}^{-1}$ 'de –OH gerilme titreşimi,  $2820-2915\text{ cm}^{-1}$  'de  $\text{CH}_2$  ve  $\text{CH}_3$ 'un asimetrik /simetrik gerilimlerini göstermektedir.  $1627-1666\text{ cm}^{-1}$ 'de karbonil piki ( $\text{C}=\text{O}$ ) meydana gelmiştir.  $1028-1050\text{ cm}^{-1}$ 'de selüloz halkasına ait gerilme pikleri görülmektedir

**H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi ve R maddesi** uygulanmış kumaşlarda  $1541-1558\text{ cm}^{-1}$ 'de N-H piki görülmektedir.  $1656\text{ cm}^{-1}$  ve  $1360\text{ cm}^{-1}$ 'de karboksilat fonksiyonel grubuna ait karbonil piki ve  $816\text{ cm}^{-1}$ 'de çapraz bağlayıcıya ait triazin piki olduğu görülmektedir.

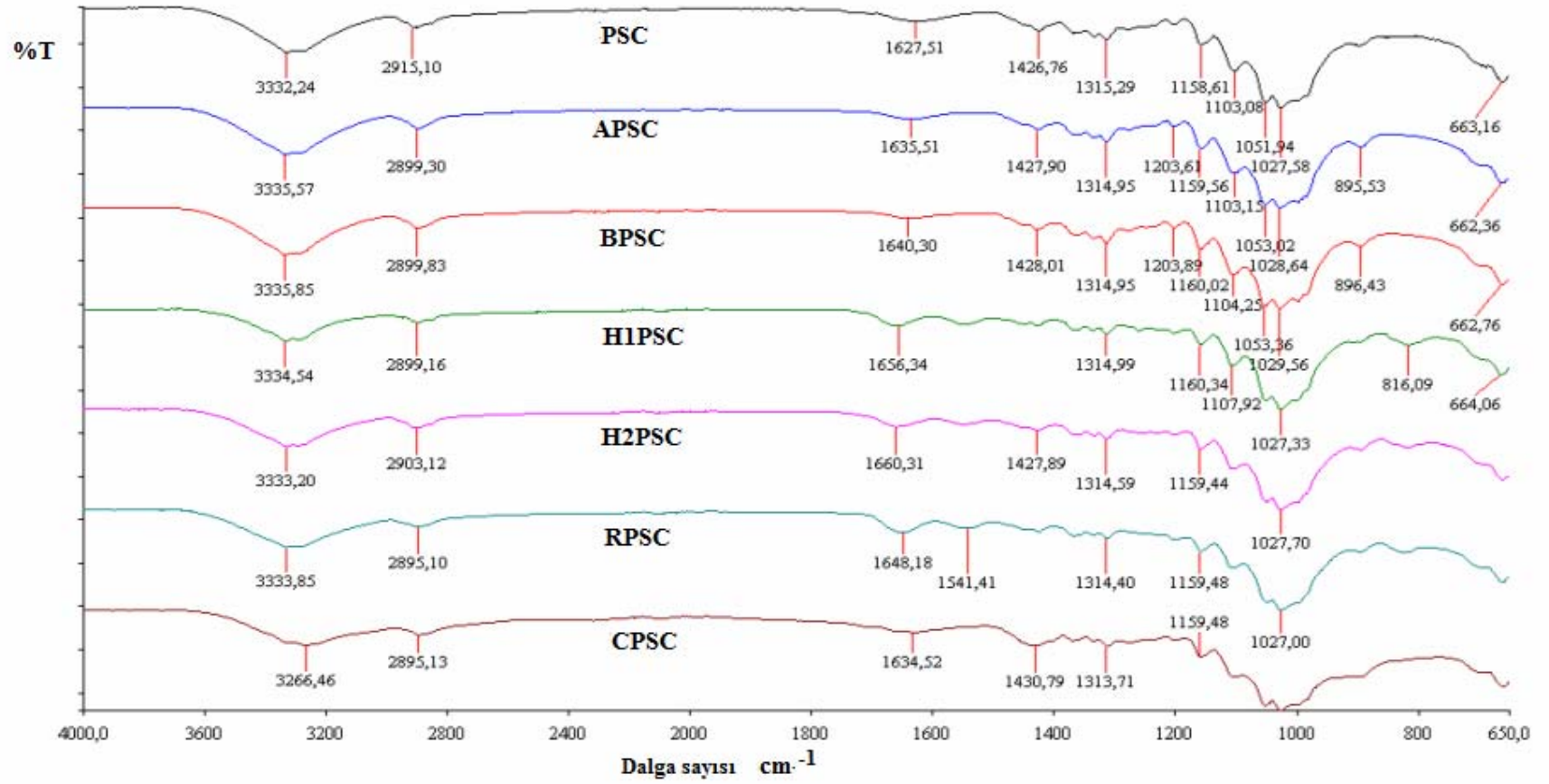


Şekil IV.19 %75/25 Pamuk/SeaCell® active Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu

*Sekil IV.20* ham ve terbiye işlemleri uygulanmış *%75/25 Pamuk/SeaCell® pure* kumaşların FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır.

*Ham (PSC), ağartılmış (APSC) ve boyanmış (BPSC) %75/25 Pamuk/SeaCell® active* kumaşların  $3335\text{ cm}^{-1}$ 'de -OH gerilme titreşimi,  $2820\text{ cm}^{-1}$  ve  $2915\text{ cm}^{-1}$  'de  $\text{CH}_2$  ve  $\text{CH}_3$ 'ün asimetrik /simetrik gerilimleri görülmektedir.  $1666\text{ cm}^{-1}$ 'de karbonil piki (C=O) meydana gelmiştir.  $1028-1050\text{ cm}^{-1}$ 'de selüloz halkasına ait gerilme pikleri görülmektedir.

*H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi ve R maddesi* uygulanmış kumaşlarda  $1656\text{ cm}^{-1}$  ve  $1360\text{ cm}^{-1}$ 'de karboksilat fonksiyonel grubuna ait karbonil piki tespit edilmiştir.  $816\text{ cm}^{-1}$ 'de *çapraz bağlayıcıya ait triazin piki* görülmektedir. *R maddesi* uygulanmış kumaşta  $1541\text{ cm}^{-1}$ 'de N-H piki görülmektedir.

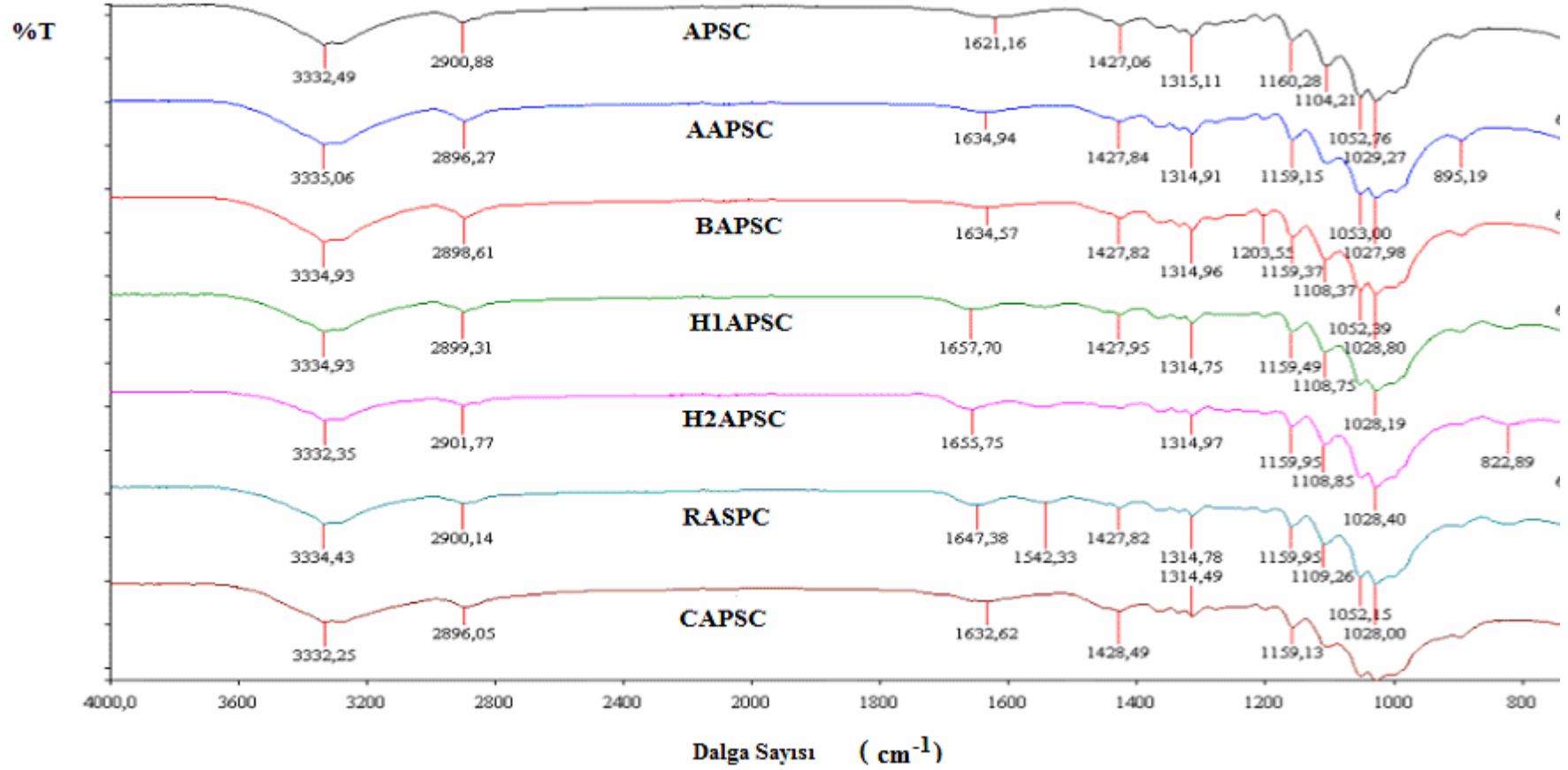


Şekil IV.20 %75/25 Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>pure Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu

**Sekil IV.21** ham ve terbiye işlemi uygulanmış **%75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell®pure** kumaşların FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır.

**Ham (APSC), ağartılmış (AAPSC) ve boyanmış (BAPSC) %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell®pure**  $3330\text{ cm}^{-1}$ 'de -OH gerilme titreşimi,  $2899\text{ cm}^{-1}$ 'de  $\text{CH}_2$  ve  $\text{CH}_3$  grubuna ait asimetric/simetric gerilimlerini göstermektedir.  $1666\text{ cm}^{-1}$ 'de karbonil piki (C=O) meydana gelmiştir.  $1028-1050\text{ cm}^{-1}$ 'de selüloz halkasına ait gerilme pikleri görülmektedir

**$H_1$  ve  $H_2$  reçetesi ve R maddesi** uygulanmış kumaşlarda  $1360\text{ cm}^{-1}$  karboksilatın karbonil piki tespit edilmiştir. **R maddesi uygulanmış kumaşa ait** N-H piki  $1542\text{ cm}^{-1}$ 'de görülmektedir.  **$H_1$  ve  $H_2$  reçetesinin ve R maddesinin** uygulandığı kumaşlarda  $816\text{ cm}^{-1}$ 'de **çapraz bağlayıcıya ait triazin piki** olduğu görülmektedir.



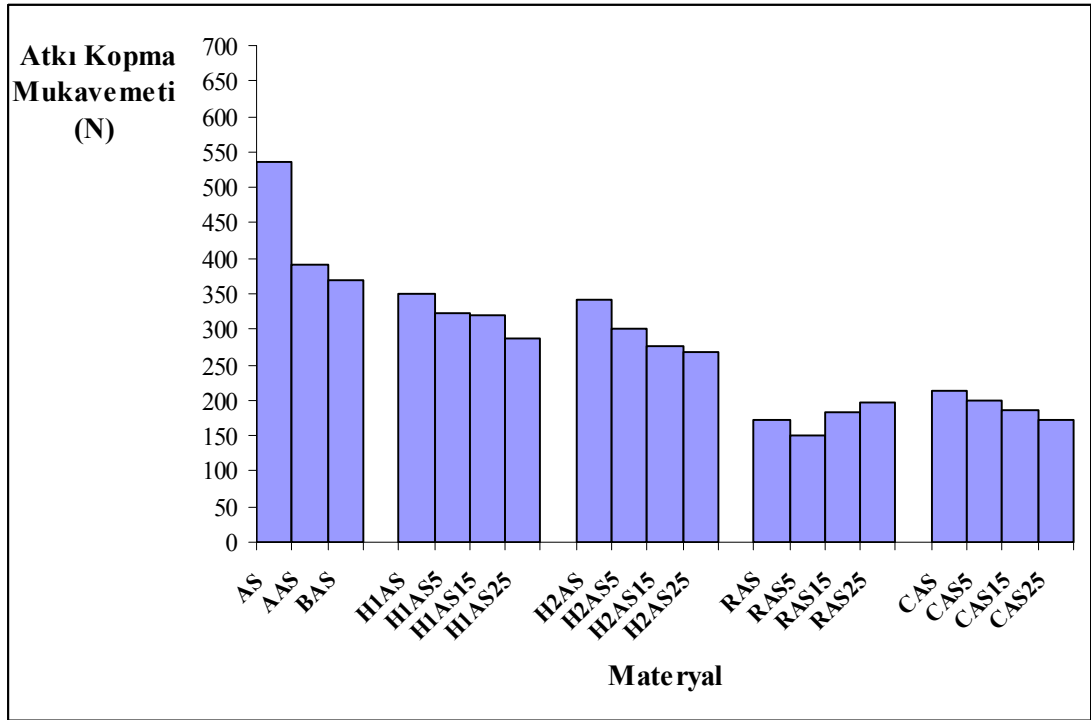
Şekil IV.21 %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure Kumaşa Uygulanan İşlemlere Göre FTIR Spektrumu

#### IV.4. MUKAVEMET TEST SONUÇLARI

Kopma mukavemeti tayini, dokuma kumaşların kopma mukavemeti ve kopma uzaması TS EN ISO 13934-1, TS EN ISO 13934-2 metoduna göre yapılmıştır.

**Tablo IV.6** %100 SeaCell® active Kumaşın Atkı, Çözümlü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri

Materyal	Atkı Kopma Mukavemeti (N)	Atkı Kopma Mukavemet Azalması (%)	Atkı Kopma Uzama (%)	Çözümlü Kopma Mukavemeti (N)	Çözümlü Kopma Mukavemet Azalması (%)	Çözümlü Kopma Uzama (%)
AS	534.70	-	15.16	669.30	-	14.20
AAS	391.00	26.87	18.53	442.10	33.94	14.49
BAS	369.66	30.86	21.28	411.14	38.57	12.78
H <sub>1</sub> AS	348.75	34.77	19.28	395.17	40.95	8.23
H <sub>1</sub> AS5	321.39	39.89	17.90	371.00	44.56	10.50
H <sub>1</sub> AS15	320.80	40.00	18.76	349.20	47.82	10.31
H <sub>1</sub> AS25	286.50	46.41	18.27	337.00	49.64	7.50
H <sub>2</sub> AS	340.52	36.31	23.98	453.26	32.27	7.24
H <sub>2</sub> AS5	302.00	43.51	19.07	438.00	34.55	10.41
H <sub>2</sub> AS15	275.73	48.43	18.99	361.14	46.04	10.38
H <sub>2</sub> AS25	268.05	49.86	17.00	352.92	47.27	10.70
RAS	171.64	67.89	13.21	203.71	69.56	4.85
RAS5	151.22	71.71	11.68	194.35	70.96	6.24
RAS15	183.32	65.71	14.40	204.00	69.52	8.90
RAS25	196.64	63.22	13.33	247.00	63.09	11.05
CAS	212.00	60.35	16.79	283.85	57.59	8.37
CAS5	199.17	62.75	17.33	264.41	60.49	13.28
CAS15	185.22	65.36	18.11	201.34	69.91	13.26
CAS25	171.98	67.83	17.30	180.47	73.03	12.09



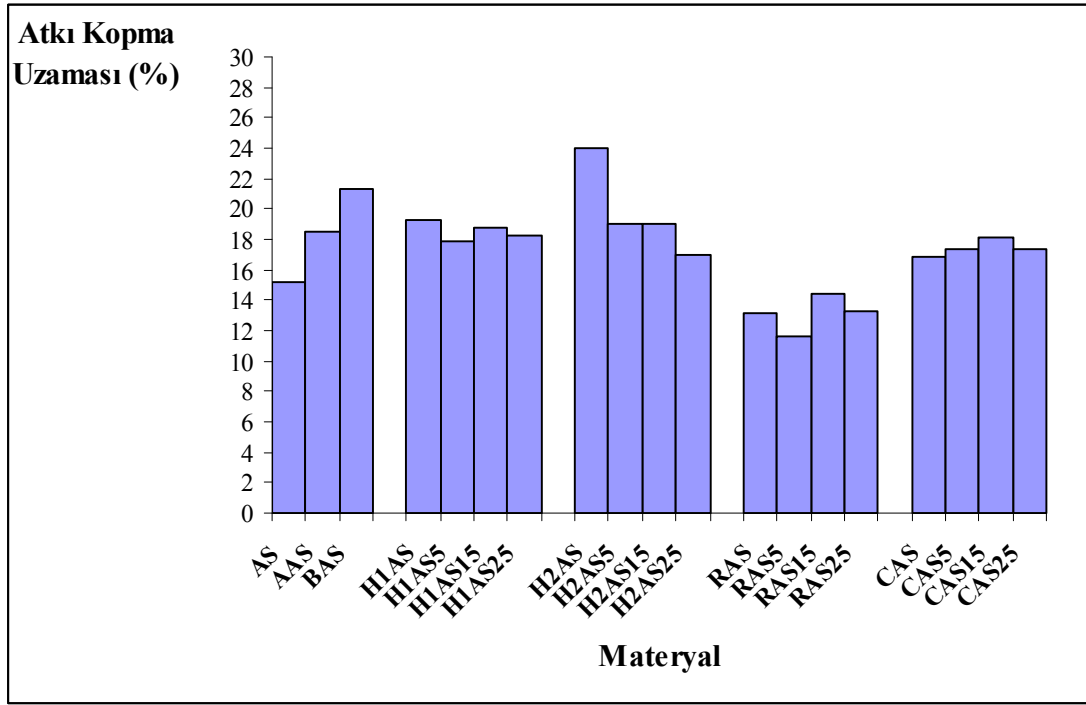
Şekil IV.22 %100 SeaCell® active Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği

*Atkı kopma mukavemeti ham %100 SeaCell® active kumaşta en yüksek değere (534.70 N) sahip olurken, ağartma ve boyama işlemleri ile bu değerde azalma olduğu görülmektedir. Bununla birlikte güç tutuşur maddelerle yapılan işlemler sonunda da atkı kopma mukavemetinde azalma gözlemlenmiştir.*

*Atkı kopma mukavemetinde en fazla düşüş, yıkamaya dayanıklı olan R güç tutuşur maddesinde görülmüştür; bu durum özellikle 5. yıkamada en fazla düşüş olarak ortaya çıkmakta (151.22 N) olup kopma mukavemeti kaybı %71.71 olarak tespit edilmiştir.*

Yıkamaya dayanıklı güç tutuşurluk maddeleri uygulanmış olan %100 SeaCell® active kumaşlarda yapılan mukavemet testi sonucunda, *en ideal atkı kopma mukavemeti H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin (321.39 N) ve H<sub>2</sub> reçetesinin (302.00 N) uygulandığı kumaşlarda elde edilmiştir. H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış olan kumaşta 5. yıkama sonunda en iyi atkı kopma mukavemetinin elde edildiği görülmüştür. Bununla birlikte H<sub>2</sub> reçetesi uygulanmış %100 SeaCell® active kumaşta atkı kopma mukavemetinin de nispeten yıkamaya dayanıklı R maddesine göre çok daha iyi seviyelerde (25. Yıkama sonunda yaklaşık olarak %49.86 düşüş) elde edilebildiği Şekil IV.22’de görülmektedir.*



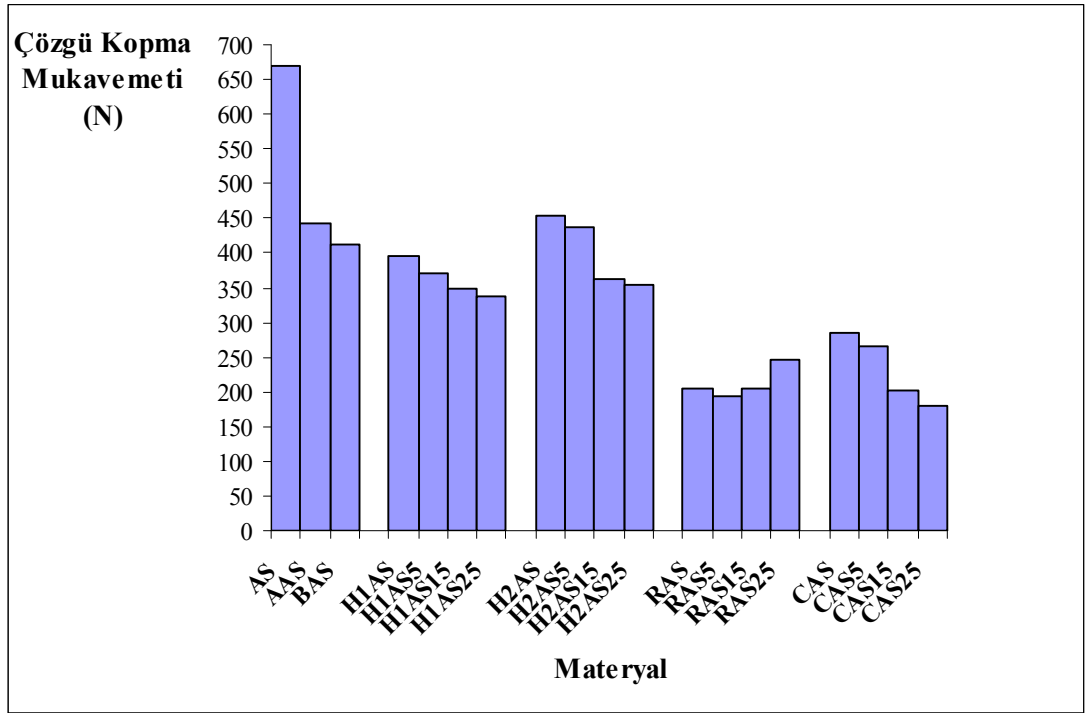


Şekil IV.23 %100 SeaCell® active Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği

*Ham %100 SeaCell® active* kumaşta atkı yönünde kopma uzaması %15.16 iken ağartma ve boyama işlemleri ile atkı yönünde kopma uzaması artış göstermiştir.

Atkı kopma uzamasının *en yüksek değerde (%23.98) elde edildiği durum H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi* uygulanan kumaşlarda olmuştur. H<sub>2</sub> reçetesi ile yapılan işlemde ham kumaşa göre %58.18'lik artış olduğu gözlemlenmiştir. Yıkamaya dayanıksız güç tutuşur maddesi C ile yapılan uygulamada %100 SeaCell® active kumaşların atkı yönündeki kopma uzama değerlerinin, H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> maddeleri uygulanmış kumaşlara yakın değerler verdiği görülmüştür.

*En düşük kopma uzaması değerlerinin* ise atkı kopma mukavemetinde olduğu gibi yıkamaya dayanıklı olan *R güç tutuşur maddesi* ile elde edildiği görülmüştür. Genel olarak yıkama sayısının artmasının atkı kopma uzaması üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Bakınız Şekil IV.23



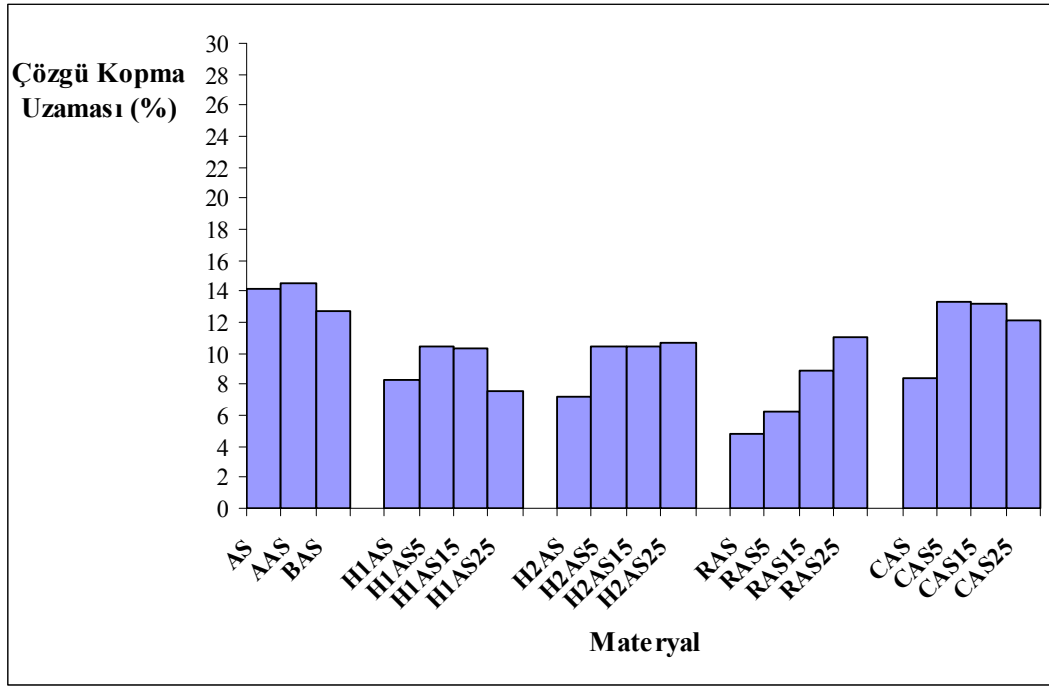
Şekil IV.24 %100 SeaCell® active Kumaşın Çözü Kopma Mukavemet Grafiği

Şekil IV.24'de %100 SeaCell® active kumaşlarda çözü kopma mukavemetinin atkı kopma mukavemeti ile benzer bir davranış gösterdiği görülmüştür.

En yüksek çözü kopma mukavemeti ham %100 SeaCell® active kumaşa (669.30 N) elde edilmiştir; ağartma ve boyama işlemleri ile çözü kopma mukavemet kaybı sırası ile yaklaşık olarak %34-39 olduğu söylenebilir.

Güç tutuşur maddelerin uygulandığı %100 SeaCell® active kumaşlar içerisinde en düşük çözü yönü kopma mukavemeti, atkı yönünde olduğu gibi yıkamaya dayanıklı R maddesinde tespit edilmiştir; ancak R maddesi ile yapılan uygulamada 25. yıkama sonunda çözü kopma mukavemeti biraz artış göstermiştir (247 N).

Genel olarak H maddesinin  $H_1$  ve  $H_2$  reçeteleri ile 15. ve 25. yıkama sonundaki çözü yönü kopma mukavemetlerinin birbirine yakın olduğu ifade edilebilmekle birlikte H maddesinin  $H_2$  reçetesi kısmen  $H_1$  reçetesine göre daha yüksek değerler vermiştir (yaklaşık 353-361 N). %100 SeaCell® active kumaşlarda güç tutuşur maddelerle yapılan uygulamalarda çözü yönünde en yüksek kopma mukavemeti değerleri 453.26 N ile yıkama öncesinde ve 5. yıkama sonunda ise 438 N ile  $H_2$  reçetesi ile elde edildiği görülmüştür.



**Şekil IV.25** %100 SeaCell® active Kumaşın Çözümlü Kopma Uzama Grafiği

***Şekil IV.25'de*** %100 SeaCell® active kumaşta çözümlü yönünde kopma uzaması ham kumaşta %14.20 iken bu değer ağartma işlemi ile pek fazla değişim göstermemiş (%14.49) olup boyama işlemi ile çok az düşüş sergilemiştir.

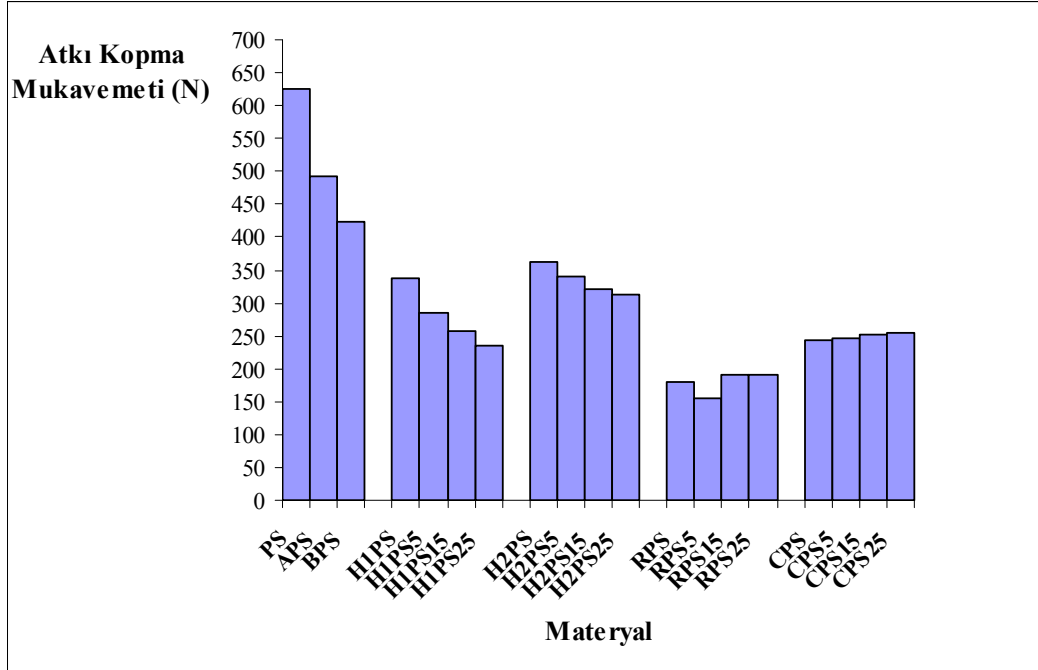
***H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçeteleri*** ile güç tutuşurluk işlemi uygulanan kumaşlarda ise yaklaşık olarak %10'luk kopma uzaması değerleri yıkamaya bağlı olmaksızın elde edilmiştir; ancak H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ile güç tutuşur işlemde 25. yıkama sonunda çözümlü yönünde % kopma uzama değerinde düşüş olduğu (%7.24) söylenebilir.

***Çözümlü yönünde en yüksek kopma uzamasının*** yıkamaya dayanıksız madde olan ***C güç tutuşurluk maddesinin*** uygulandığı (yaklaşık olarak %13) kumaşta elde edilmiştir.

***Yıkamaya dayanıklı R maddesinde*** ise yıkama sayısı arttıkça çözümlü yönünde kopma uzaması değerlerinde artış olduğu görülmüştür.

**Tablo IV.7** %100 SeaCell® pure Kumaşın Atkı, Çözümlü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri

Materyal	Atkı Kopma Mukavemeti (N)	Atkı Kopma Mukavemet Azalması (%)	Atkı Kopma Uzama (%)	Çözümlü Kopma Mukavemeti (N)	Çözümlü Kopma Mukavemet Azalması (%)	Çözümlü Kopma Uzama (%)
PS	626.30	-	17.04	690.85	-	15.95
APS	491.26	21.56	21.67	560.80	18.82	14.35
BPS	422.07	32.60	21.85	550.90	20.25	15.12
H <sub>1</sub> PS	337.52	46.10	22.58	395.17	42.79	8.23
H <sub>1</sub> PS5	286.17	54.30	17.44	380.60	44.90	7.36
H <sub>1</sub> PS15	256.93	58.97	19.33	362.35	47.55	9.65
H <sub>1</sub> PS25	236.00	62.31	18.76	339.00	50.93	9.95
H <sub>2</sub> PS	362.16	42.17	23.98	498.39	27.85	7.24
H <sub>2</sub> PS5	339.54	45.78	20.40	471.15	31.80	10.55
H <sub>2</sub> PS15	320.66	48.80	18.99	455.43	34.07	10.59
H <sub>2</sub> PS25	312.74	50.06	19.07	438.20	36.57	10.86
RPS	178.63	71.47	16.21	226.85	67.16	4.17
RPS5	155.69	75.14	13.38	225.46	67.36	7.16
RPS15	192.00	69.34	14.40	230.00	66.70	7.12
RPS25	192.21	69.31	12.73	238.00	65.54	11.37
CPS	243.23	61.16	16.69	329.50	52.30	8.87
CPS5	245.00	60.88	19.38	310.33	55.07	13.36
CPS15	251.29	59.87	19.40	284.27	58.85	14.43
CPS25	254.57	59.35	17.68	255.00	63.08	14.51



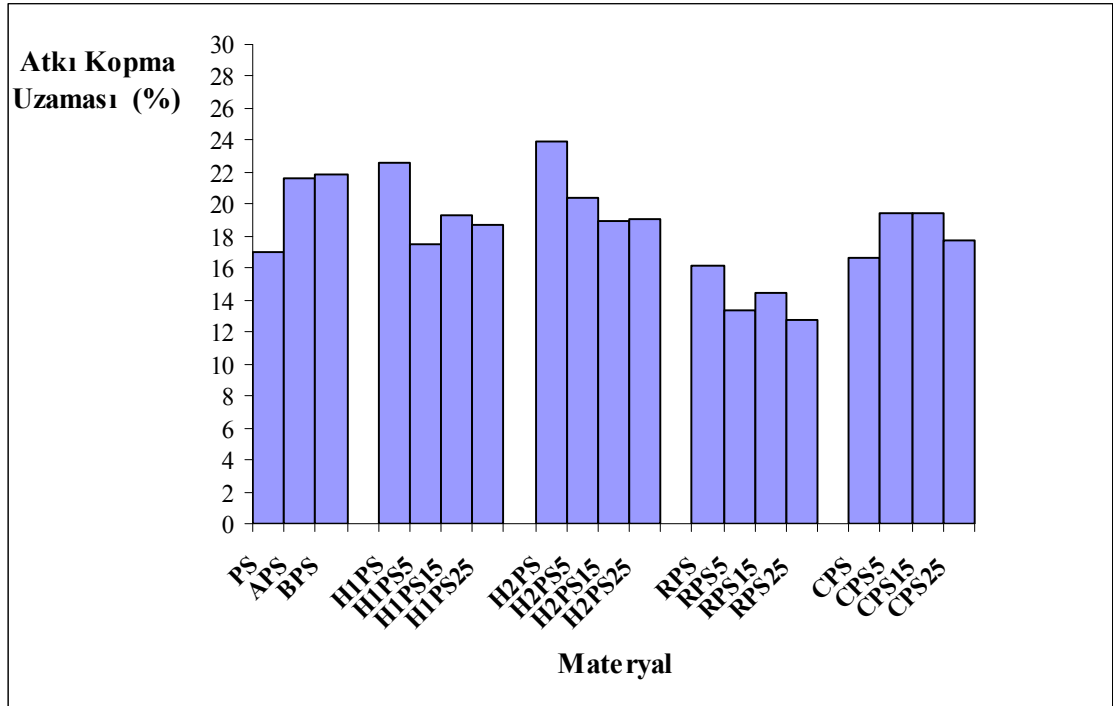
**Şekil IV.26** %100 SeaCell® pure Kumaşın Atkı Kopma Mukavemeti Grafiği

*Ham %100 SeaCell®pure kumaşta atkı kopma mukavemeti 626.3 N iken ağartma ve boyama işlemleri ile bu değerde düşüş görülmüştür; bu anlamda mukavemet kaybı bu kumaşlarda sırası ile %22 ve %32'dir.*

*Güç tutuşur maddelerinin uygulandığı %100 SeaCell®pure kumaşlarda en yüksek atkı kopma mukavemet değerleri H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi ve H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış kumaşlarda elde edilmiştir.*

*Yıkamaya dayanıksız olan C maddesi ile güç tutuşur işlemi uygulanan %100 SeaCell®pure kumaşlarda atkı kopma mukavemetinin %60'larda olduğu söylenebilir; yıkama sayısı arttıkça atkı kopma mukavemetinde düşüşün benzer olduğu görülmüştür.*

*%100 SeaCell®pure kumaşlarda en düşük atkı kopma mukavemeti R güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşlarda elde edilmiştir; fakat yıkama sayısı arttıkça atkı kopma mukavemetinde yaklaşık olarak %70'lik azalmanın olduğu şekil IV.26'de gözlemlenmiştir.*



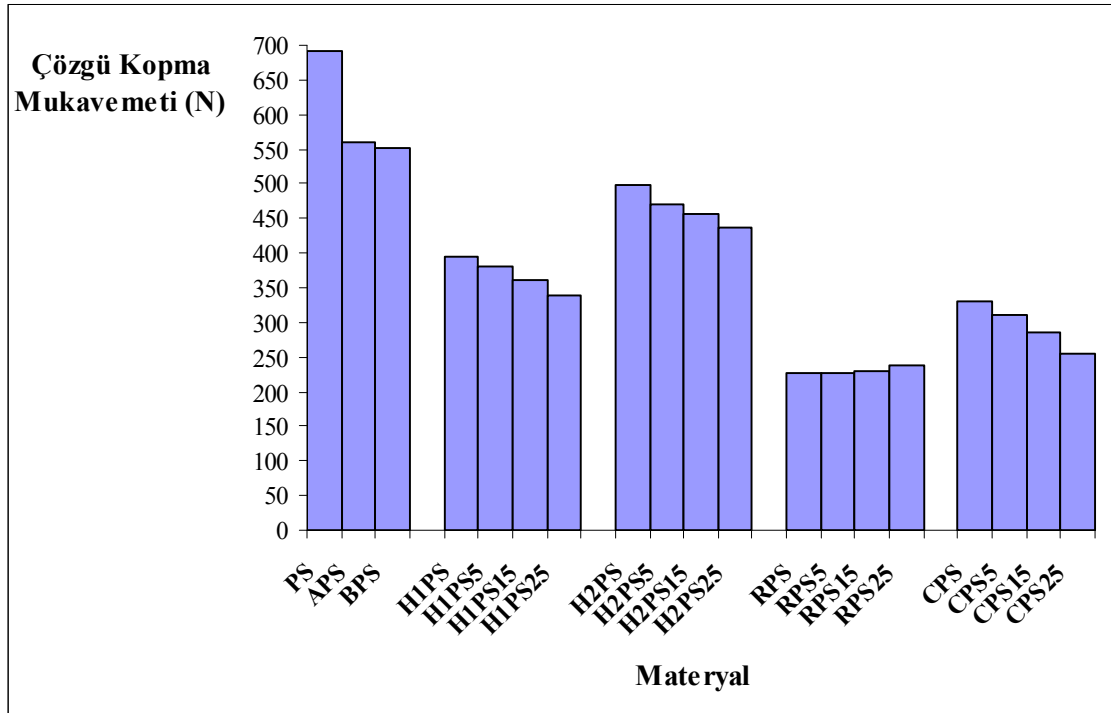
**Şekil IV.27** %100 SeaCell®pure Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği

*Ham %100 SeaCell®pure kumaşların atkı uzaması %17.04 iken ağartma ve boyama işlemleri ile % uzama değerlerinde artış olduğu görülmüştür.*

H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin uygulandığı %100 SeaCell®pure kumaşın atkı kopma uzamasının boyanmış kumaşa göre biraz daha iyi olduğu görülmüştür (%22.58). H maddesinin **H<sub>2</sub> reçetesinin** uygulandığı kumaşta **maksimum atkı kopma uzaması** elde edilmiştir (**%23.98**). H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta yıkama sayısı arttıkça atkı kopma uzama değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür.

*En düşük atkı kopma uzaması yıkamaya dayanıklı R güç tutuşur maddesi ile 25. yıkama sonunda elde edilmiştir (%12.73).*

*Yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinin uygulandığı %100 SeaCell®pure kumaşlarda ise, 5. ve 15. yıkama sonucunda elde edilen kopma uzaması değerlerinin birbirine yakın olarak elde edildiği şekil IV.27'de görülmektedir (yaklaşık %19.40).*



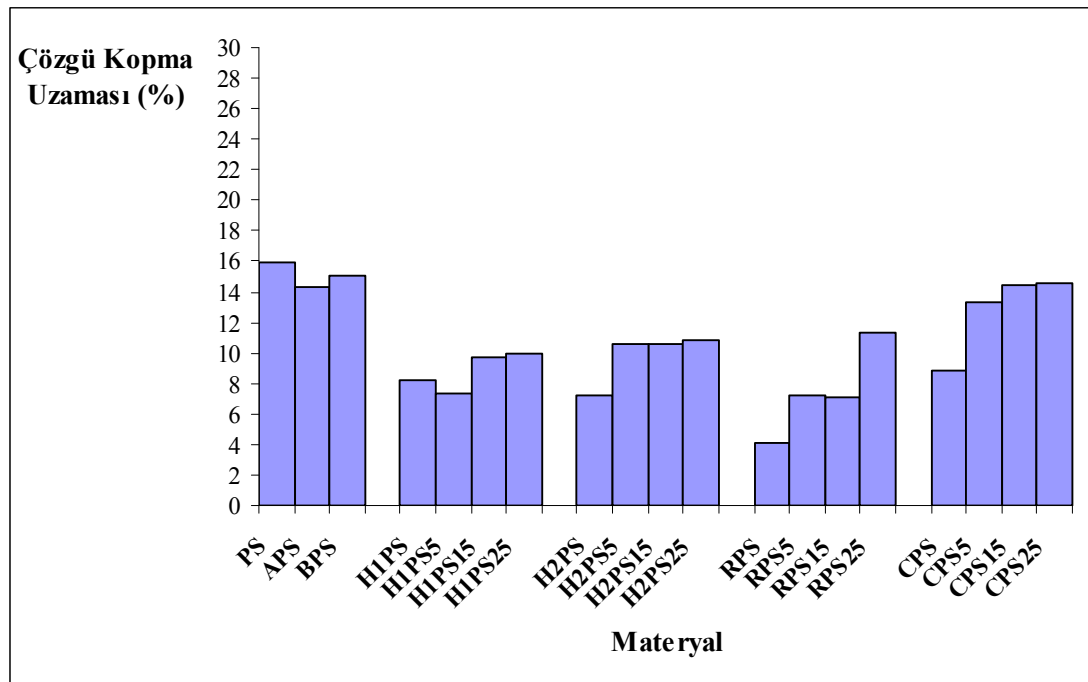
**Şekil IV.28** %100 SeaCell®pure Kumaşın Çözgü Kopma Mukavemeti Grafiği

*Ham %100 SeaCell®pure kumaşlarda çözgü kopma mukavemeti 690.85 N iken ağartma ve boyama işlemleri ile bu değer aynı seviyelerde düşüş gösterdiği görülmüştür; bu anlamda mukavemet kaybı bu materyallerde sırası ile %18 ve %20'dir.*

*H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı %100 SeaCell® pure kumaşlarda yıkama sayısı arttıkça benzer eğilimle çözgü yönü kopma mukavemetinde düşüş görülmüştür;* H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi H<sub>1</sub>'e göre daha yüksek çözgü kopma mukavemeti değerleri sergilemiştir. H maddesinin **H<sub>2</sub> reçetesinin** uygulandığı %100 SeaCell® pure kumaşın 25. yıkama sonundaki çözgü kopma mukavemeti 438.20 N olarak elde edilmiştir. Diğer güç tutuşur maddelere göre en iyi çözgü kopma mukavemeti değerini verdiği görülmüştür.

Bununla birlikte, **minimum çözgü kopma mukavemeti** yıkamaya dayanıklı olan **R güç tutuşur maddesi** ile elde edilmiş olup (RPS kumaş için 226.85 N) yıkama sayıları arttığında bu değerde çok az artış olduğu söylenebilir (RPS 25 kumaş için 238 N).

**Yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinin** uygulandığı %100 SeaCell® pure kumaşlarda yıkama sayısı arttıkça H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub>'ye göre çözgü yönünde kopma mukavemetlerinde azalmanın en az olduğu görülebilmektedir; 25. yıkama sonunda H<sub>2</sub>'de elde edilen çözgü kopma mukavemeti 438 N'dur. **Maksimum çözgü kopma mukavemeti 498.39 N ile H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinin** uygulandığı %100 SeaCell® pure kumaşta görülürken; yıkama sayısı arttıkça 25. yıkama sonunda bu değerdeki kaybın ham kumaşa göre %36 olduğu şekil IV.28'de görülmektedir.



**Şekil IV.29** %100 SeaCell® pure Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği

*Ham %100 SeaCell® pure kumaşların çözgü uzaması %15.95 iken ağartma işlemi ile bu değer düşmekte ve boyama işlemi ile tekrar artış göstermektedir (%15.12).*

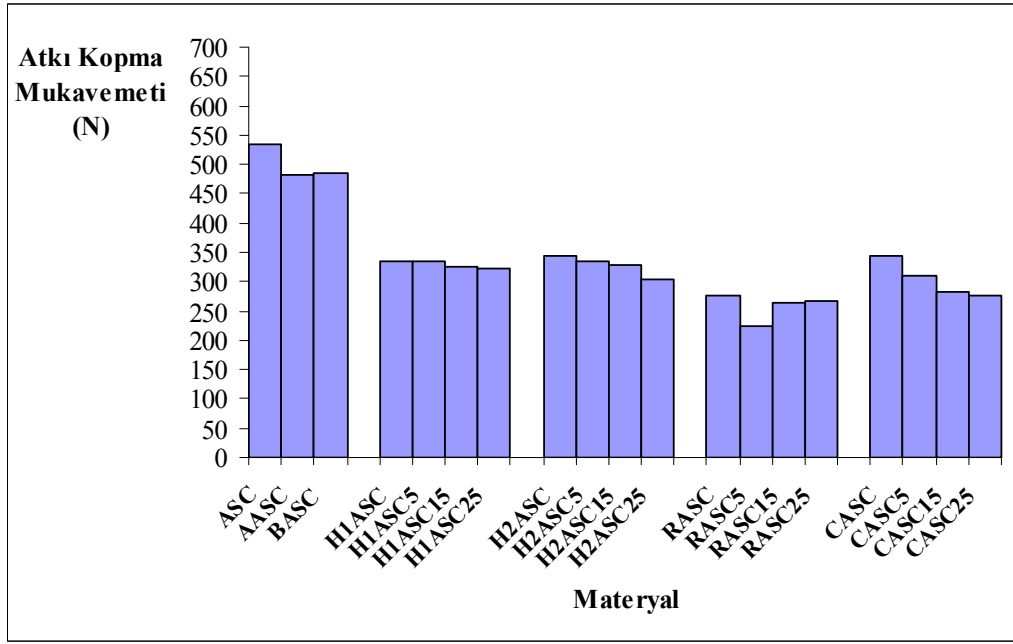
*Genel olarak H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi , R ve C güç tutuşur maddelerinin uygulandığı %100 SeaCell® pure kumaşlar, yıkama işlemleri ile çözgü uzamasında artış göstermişlerdir. H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi hemen hemen yakın seviyelerde çözgü uzaması değerleri (yaklaşık %8) vermiştir.*

Minimum çözgü uzaması %4.17 ile R güç tutuşur maddesinde elde edilirken, maksimum çözgü uzaması %14.51 ile yıkamaya dayanıksız C güç tutuşur maddesinde 25. yıkama sonunda elde edilmiştir.

**Tablo IV.8 % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışımılı Kumaşın Atkı, Çözgü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerler**

Materyal	Atkı Kopma Mukavemeti (N)	Atkı Kopma Mukavemet Azalması (%)	Atkı Kopma Uzama (%)	Çözgü Kopma Mukavemeti (N)	Çözgü Kopma Mukavemet Azalması (%)	Çözgü Kopma Uzama (%)
ASC	533.60	-	12.74	507.40	-	11.19
AASC	481.13	9.83	21.42	477.28	5.93	11.45
BASC	484.12	9.27	22.44	501.00	1.26	12.05
H <sub>1</sub> ASC	335.22	37.17	20.6	361.71	28.71	6.28
H <sub>1</sub> ASC5	333.90	37.42	17.6	358.67	29.31	7.65
H <sub>1</sub> ASC15	324.00	39.28	17.62	351.00	30.82	7.82
H <sub>1</sub> ASC25	321.56	39.73	18.27	337.00	33.58	7.50
H <sub>2</sub> ASC	345.14	35.31	21.33	364.97	28.07	5.67
H <sub>2</sub> ASC5	334.48	37.31	19.94	348.00	31.41	7.61
H <sub>2</sub> ASC15	328.95	38.83	19.21	345.00	32.00	7.20
H <sub>2</sub> ASC25	304.91	42.85	18.43	342.00	32.59	7.57
RASC	276.72	48.14	17.35	342.12	32.57	5.89
RASC5	223.02	58.20	15.54	331.26	34.71	6.10
RASC15	263.68	50.58	17.52	353.00	30.42	6.62
RASC25	266.22	50.10	15.73	356.64	29.71	6.55
CASC	345.00	35.34	18.61	401.05	20.95	8.87
CASC5	309.00	42.09	20.18	378.21	25.46	10.67
CASC15	282.55	47.04	19.29	389.41	23.25	12.09
CASC25	275.24	48.41	19.57	374.36	26.21	12.09





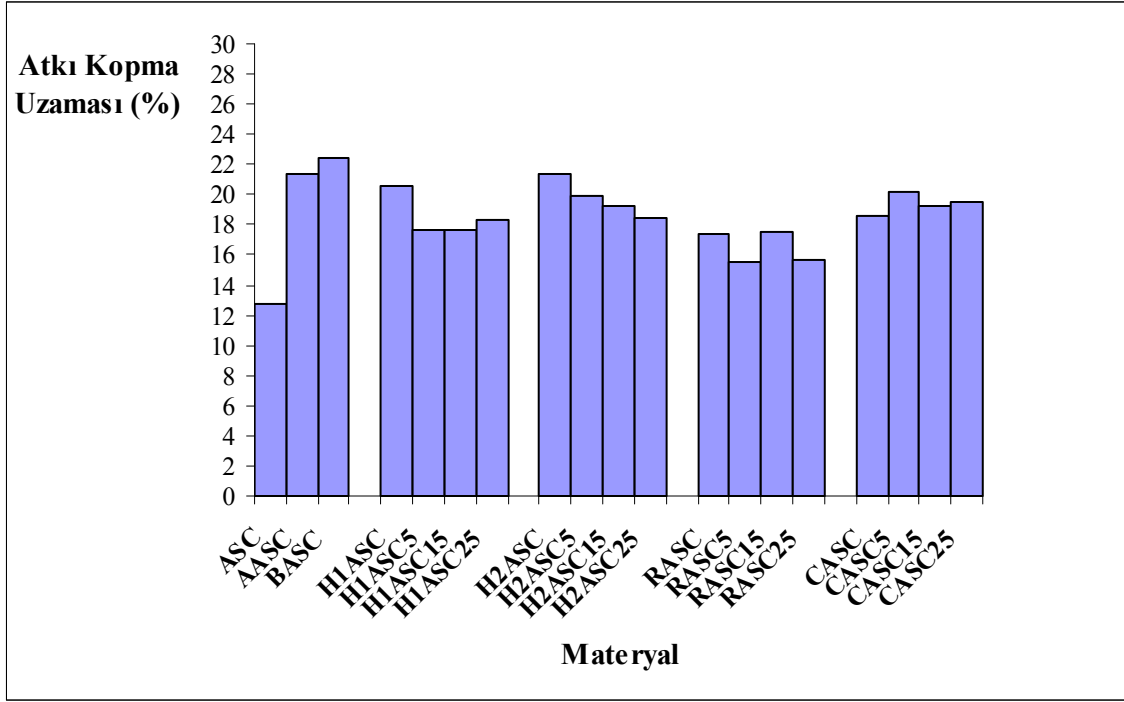
**Şekil IV.30** % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafiği

***Şekil IV.30' da ham %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşlarda*** atkı kopma mukavemeti 533.6 N iken ağartma ve boyama işlemleri ile bu değerin hemen hemen aynı seviyede düşüş gösterdiği görülmektedir; bu kumaşlarda ağartma ve boyama işlemleri ile atkı kopma mukavemeti kaybı yaklaşık olarak %10'dur.

***Güç tutuşur maddelerin*** uygulandığı %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşta genelde yıkama sayısı arttıkça mukavemet kaybı görülmektedir. Hemen hemen ***yok denecek kadar az seviyedeki (%4) atkı kopma mukavemeti kaybı H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinde gözlemlenmiştir.*** Diğer taraftan, H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan ve yıkanan kumaşlarda kısmen H<sub>1</sub>'e göre daha iyi ve C'ye göre ise çok daha iyi seviyelerde atkı kopma mukavemeti değerleri elde edilmiştir.

***Maksimum atkı kopma mukavemeti C güç tutuşur maddesi ile H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinde elde edilmiştir*** (yaklaşık 345 N).

***Minimum atkı kopma mukavemeti ise,*** R güç tutuşur maddesi ile 5. yıkama sonunda elde edilmiştir (yaklaşık 223 N).



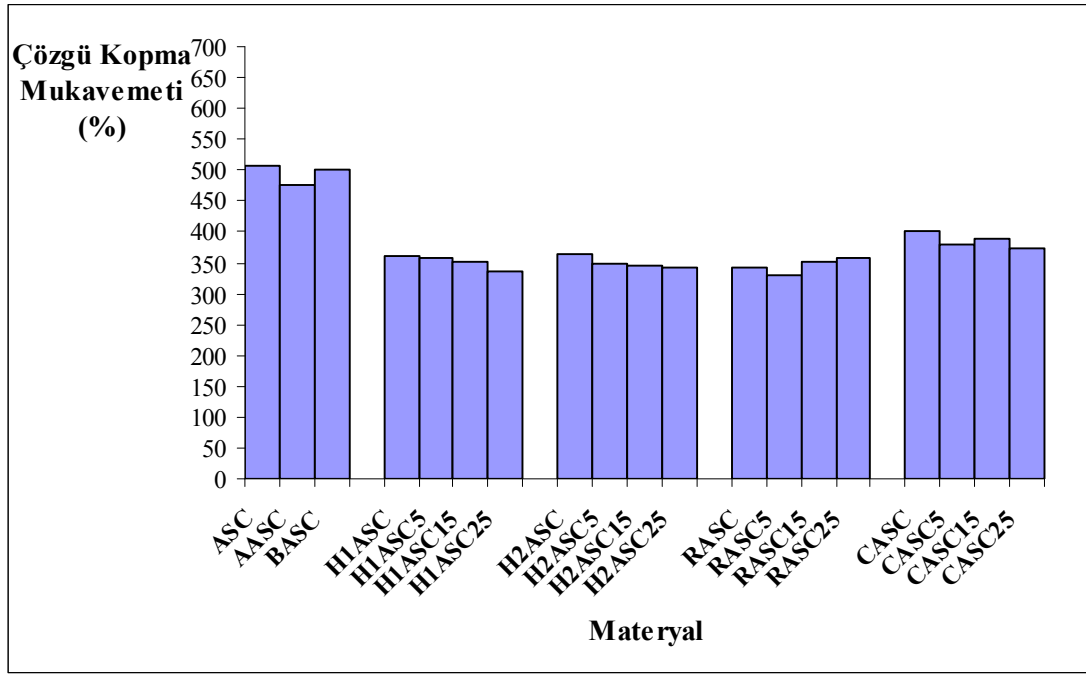
**Şekil IV.31** % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği

**Ham %75/25 Pamuk/SeaCell® active** kumaşın atkı uzaması %12.74 iken ağartma ve boyama işlemleri sırası ile %21.42 ve %22.44 olacak şekilde artış gösterdiği görülmektedir.

**%75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşlar içerisinde H maddesinin H<sub>2</sub>** reçetesinin uygulandığı kumaşlarda yıkama sayısı arttıkça atkı kopma uzamasında azalma yönünde eğilim görülürken diğer güç tutuşur maddeler ise belli bir eğilim göstermemiştir. H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta maksimum atkı uzaması %21.33'tür.

**Minimum atkı uzaması ise R güç tutuşur maddesinde ve 5. yıkama ile 25. yıkama sonunda** elde edildiği görülmüştür. (yaklaşık %16).

**% 75/25Pamuk/SeaCell® active kumaşlara yıkamaya dayanıksız C güç tutuşur maddesi uygulandığında ise H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin** uygulandığı kumaşlara göre kısmen daha iyi kopma uzaması verdikleri şekil IV.31'da görülmektedir.



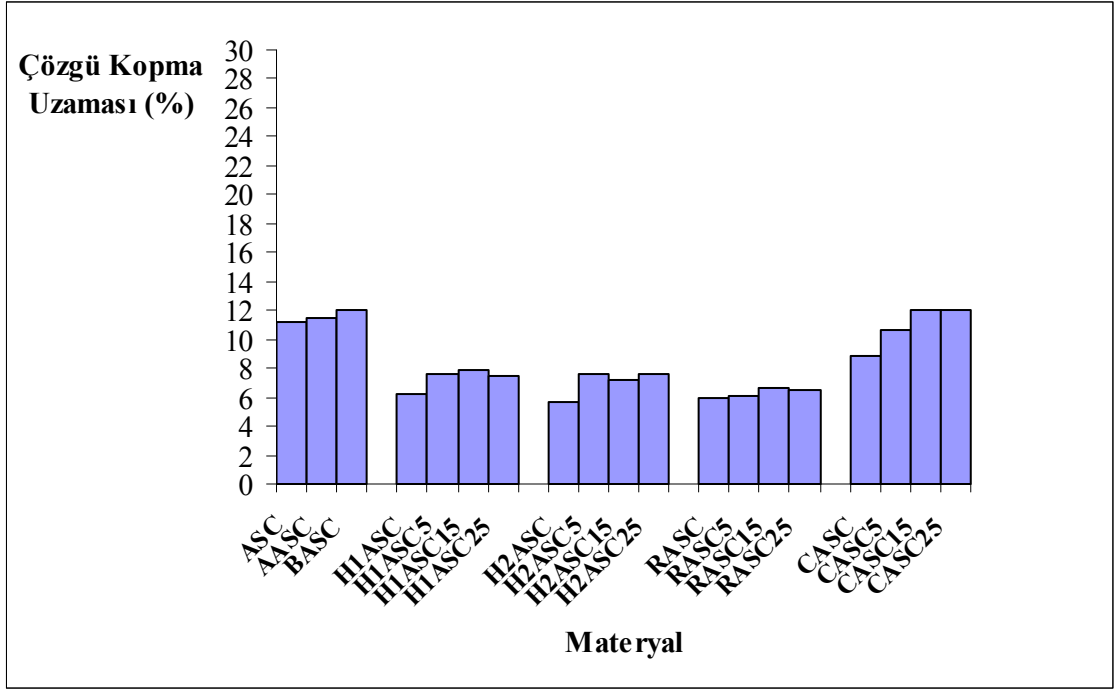
**Şekil IV.32** % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözü Kopma Mukavemet Grafığı

*Ham %75/25 Pamuk/SeaCell® active karışımlı kumaşta çözü kopma mukavemeti 507.40 N iken ağartma işlemi ile bu değerde düşüş görülmekte ve sonrasındaki boyama işlemi ile ham kumaş seviyesine yine ulaştığı görülmüştür. Güç tutuşur maddeleri uygulanan %75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşların genelde hemen hemen birbirine yakın seviyelerde çözü kopma mukavemeti sonuçları verdikleri gözlenmiştir.*

Ayrıca, güç tutuşur maddelerin kendi içinde de yıkama sayısına bağlı olarak aynı seviyelerde çözü kopma mukavemeti sergiledikleri görülmüştür.

*Maksimum çözü kopma mukavemeti yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinde elde edilmiş olup yaklaşık olarak 401 N'dur.*

*Diğer taraftan minimum çözü kopma mukavemetinin R güç tutuşur maddesinde 5. yıkama sonunda ve 331 N civarında elde edildiği şekil IV.32 görülmektedir.*



**Şekil IV.33** % 75/25 Pamuk/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözü Kopma Uzama Grafiği

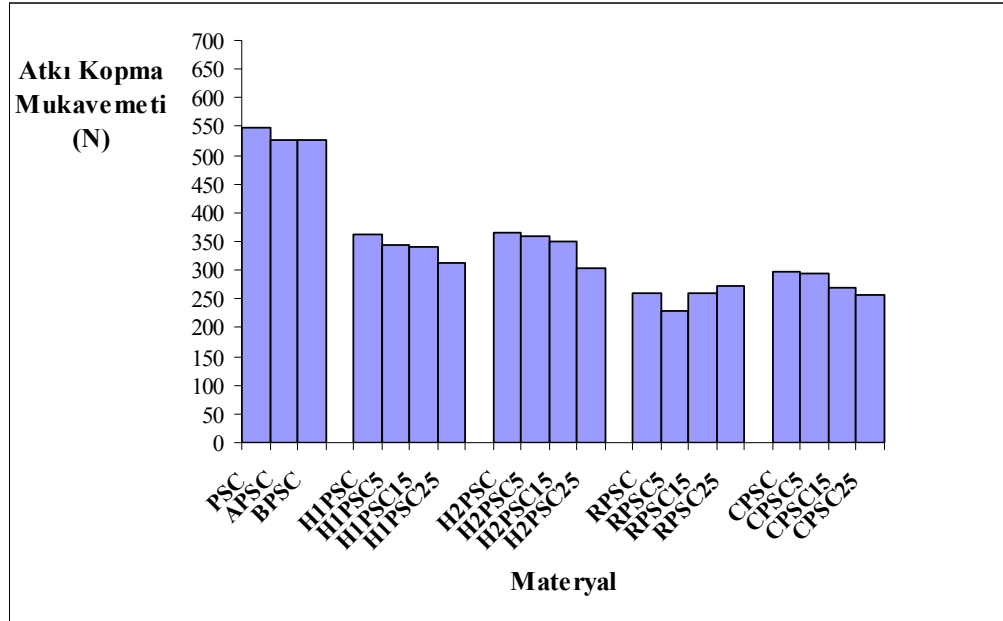
***Şekil IV.33'de*** ham % 75/25 Pamuk/SeaCell® active kumaşlarda ***çözü uzaması % 11.19*** iken, ağartma ve boyama işlemleri ile bu değerde biraz artış görülmektedir. Güç tutuşurluk işlemi uygulanan bu kumaşlarda, güç tutuşur madde türüne ve yıkama sayısının artmasına bağlı olarak çözü uzama değerlerinde hemen hemen yakın seviyelerde uzama ortaya çıktığı görülmektedir.

***H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşın çözü uzama değerinin %7.5 civarında olduğu görülürken en düşük uzama değerleri R güç tutuşur maddelerinde %6-6.5 civarında elde edilebilmiştir.***

***Buna karşılık yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşlara yapılan yıkamalarda, yıkama sayısı arttıkça çözü uzamasının arttığı tespit edilmiştir; maksimum çözü uzaması 15. ve 25. yıkama sonunda elde edilmiş olup, %12.09 olarak bulunmuştur.***

**Tablo IV.9** % 75/25 Pamuk/SeaCell® pure Karışım Karışım Kumaşın Atkı, Çözümlü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri

Materyal	Atkı Kopma Mukavemeti (N)	Atkı Kopma Mukavemet Azalması (%)	Atkı Kopma Uzama (%)	Çözgü Kopma Mukavemeti (N)	Çözgü Kopma Mukavemet Azalması (%)	Çözgü Kopma Uzama (%)
PSC	548.95	-	13.77	550.20	-	11.35
APSC	527.50	3.90	23.07	513.45	6.67	10.34
BPSC	527.15	3.97	24	446.50	18.84	10.67
H <sub>1</sub> PSC	362.00	34.05	23.14	343.10	37.64	5.71
H <sub>1</sub> PSC5	343.32	37.45	19.78	337.28	38.69	7.36
H <sub>1</sub> PSC15	339.53	38.14	17.52	330.00	40.02	7.25
H <sub>1</sub> PSC25	313.00	42.98	19.49	324.00	41.11	7.10
H <sub>2</sub> PSC	364.98	33.51	21.10	398.87	27.50	6.06
H <sub>2</sub> PSC5	358.00	34.78	18.74	353.73	35.70	6.58
H <sub>2</sub> PSC15	348.70	36.47	20.38	345.45	37.21	7.36
H <sub>2</sub> PSC25	304.00	44.62	19.91	368.33	33.05	7.50
RPSC	258.77	52.87	16.64	341.92	37.85	6.08
RPSC5	229.85	58.12	15.65	310.60	43.54	6.37
RPSC15	259.00	52.81	15.50	354.00	35.65	6.41
RPSC25	274.00	50.08	15.18	361.95	34.21	7.53
CPSC	298.42	45.63	18.36	377.90	31.31	7.34
CPSC5	294.00	46.44	20.54	377.21	31.44	10.72
CPSC15	269.44	50.09	19.85	366.92	33.31	11.32
CPSC25	258.35	52.93	19.23	373.17	32.17	10.63



**Şekil IV.34** % 75/25 Pamuk/SeaCell® pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafığı

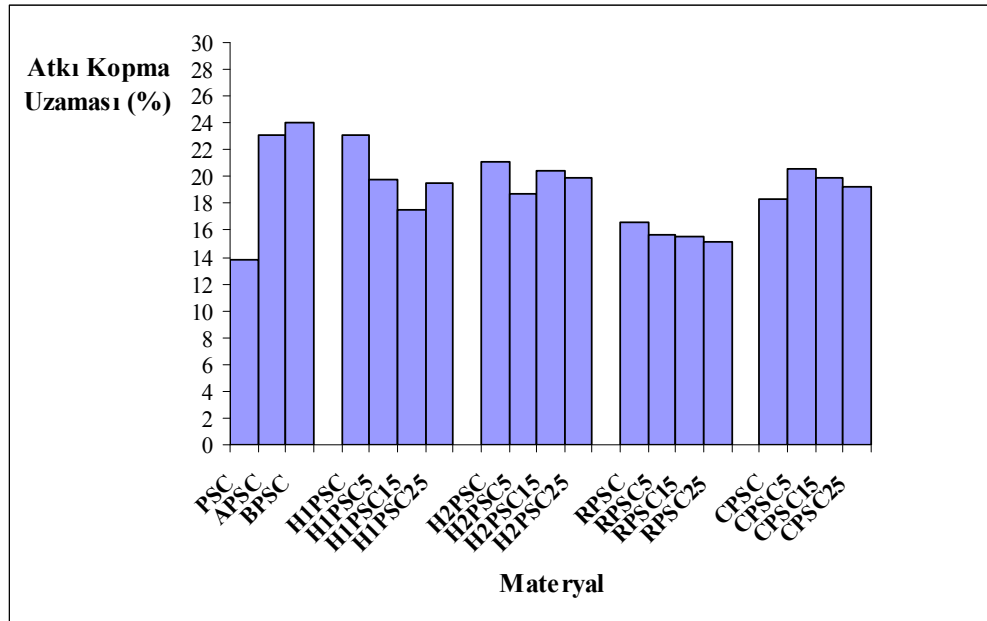
**Ham %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşın atkı kopma mukavemeti 548.95 N** olup ağartma ve boyama işlemleri ile benzer seviyede (yaklaşık 527 N) düşüş olduğu görülmektedir.

**R güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşta** en düşük seviyelerde atkı kopma mukavemeti değerleri elde edilmiştir, ayrıca 5. yıkamadan sonraki diğer yıkamalarda atkı kopma mukavemeti sonuçlarında artış olduğu görülmüştür.

**H maddesinin H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetelerinin ve C güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşlarda ise yıkama sayısı arttıkça atkı kopma mukavemeti değerlerinde düşüş görülmüştür.** Bununla birlikte R maddesine göre yüksek sonuçlar verdikleri gözlemlenmektedir. H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesinin uygulanması sonucunda her iki kumaşta da birbirine yakın atkı kopma mukavemeti değerleri elde edilirken, H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşlar H<sub>1</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşlara göre kısmen daha iyi atkı kopma mukavemeti sonuçları göstermiştir.

**Maksimum atkı kopma mukavemeti H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta 364.98 N** olarak elde edilmiştir. H<sub>1</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta ise 362 N olarak elde edilmiştir.

**Minimum atkı kopma mukavemetinin ise R güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşta 5. yıkama sonunda 229.85 N** olarak elde edildiği şekil IV.34'de görülmektedir.

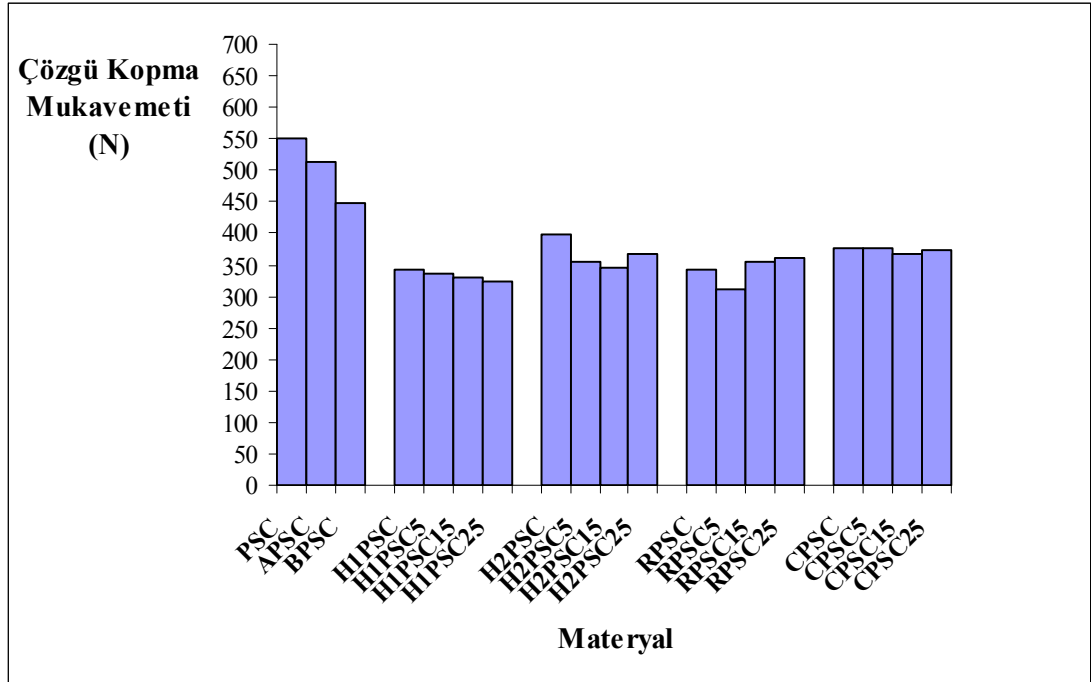


**Şekil IV.35 % 75/25 Pamuk/SeaCell® pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği**

***Sekil IV.35*** ham %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşta atkı uzaması %13.77 iken, boyama ve ağartma işlemleri ile atkı uzaması sırası ile %23.07 ve %24 olarak arttığı görülmektedir.

*R güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaş dışında, H maddesinin H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi ve C güç tutuşur maddesi uygulanan kumaşlar genelde benzer seviyelerde atkı uzama değerleri vermiştir.* R güç tutuşur maddesi uygulanan %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşın en düşük atkı uzamasına sahip olduğu görülmüştür. 25. yıkama sonunda da atkı uzaması en düşük değerde kalmıştır.

*Maksimum atkı uzaması ise H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta %23.14 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan kumaşa yapılan yıkama neticesinde benzer seviyelerde atkı uzaması elde edildiği gözlenmektedir.*



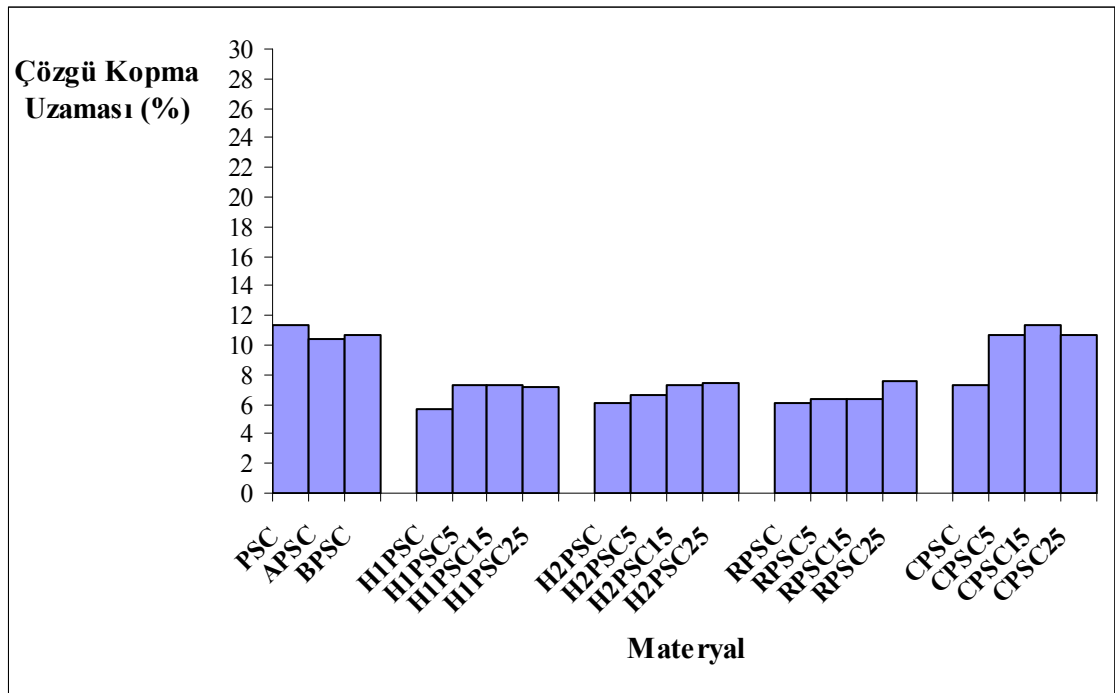
***Sekil IV.36*** % 75/25 Pamuk/SeaCell® pure Karışım Kumaşın Çözü Kopma Mukavemet Grafığı

*Ham %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşta çözü kopma mukavemeti 550.20 N iken, ağartma ve boyama işlemleri ile bu değerlerde azalma görülmüştür.*

*H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan kumaşlara yapılan yıkamalarda aynı seviyelerde çözü kopma mukavemeti değerleri vermişlerdir. Dolayısı ile yıkamanın %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşlarda H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin çözü kopma*

mukavemetini etkilemediği görülmektedir (yaklaşık 330 N civarında değerler elde edilmiştir). *H<sub>2</sub> reçetesi ile çalışıldığında ise 398.87 N ile olan çözgü kopma mukavemetinin 25. yıkamaya kadar düştüğü ve 25. yıkama ile bir miktar tekrar artış gösterdiği görülmektedir.*

*Genelde, R ve C güç tutuşur maddeleri, H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesine göre kısmen daha yüksek çözgü kopma mukavemeti sonuçları vermektedir. C maddesi bunların içinde en yüksek olan değerleri sağlamıştır. Yıkama olmaksızın en yüksek çözgü kopma mukavemeti H<sub>2</sub> reçetesi ile 398.87 N iken 5. yıkama sonunda en yüksek çözgü kopma mukavemetinin C maddesi ile uygulanan kumaşta 377.21 N ile elde edildiği şekil IV.36 görülmektedir.*



**Şekil IV.37** % 75/25 Pamuk/SeaCell® pure Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği

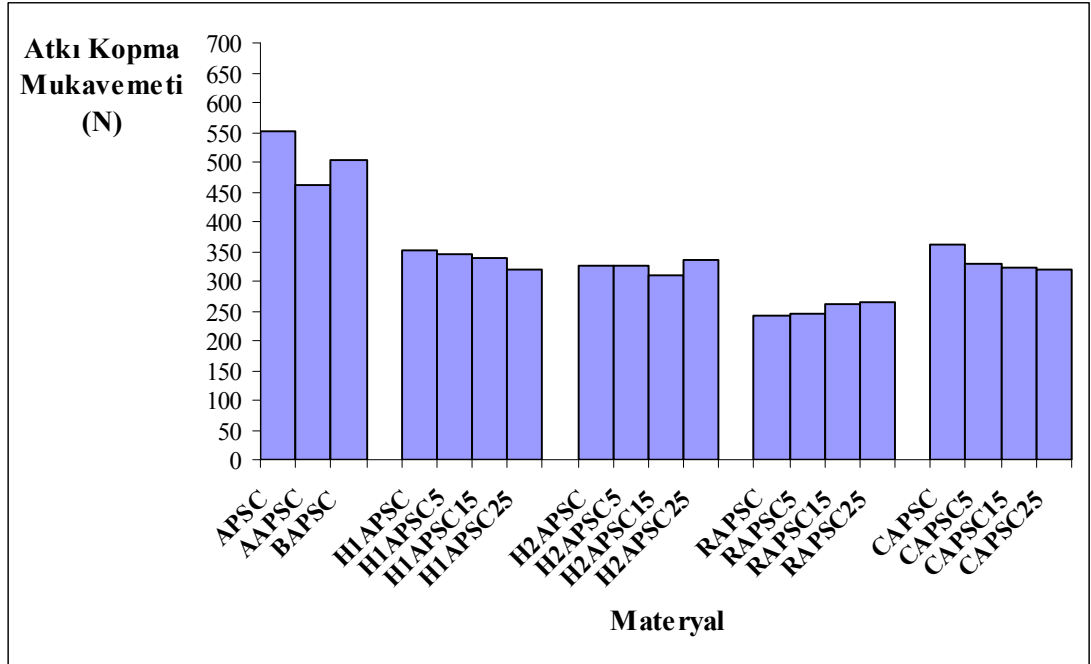
*Ham %75/25 Pamuk/SeaCell® pure kumaşta çözgü uzaması %11.35 iken ağartma ve boyama işlemleri ile kayda değer olmayan düşmeler görülmüştür. Bununla birlikte H maddesinin H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi ve R güç tutuşur maddesi uygulanan ve yıkanan kumaşlarda %6-7 civarında olan çözgü kopma uzamaların yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinde daha yüksek değerlerde elde edilebildiği (%10-11) görülmektedir.*

*Bu anlamda, en fazla çözgü uzaması da % 11.32 ile 15. yıkama sonunda C güç tutuşur maddesinde elde edilmiştir.*



**Tablo IV.10** % 75/12.5/12.5 Pamuk/ SeaCell® active /SeaCell® pure Karışım Kumaşın Atkı, Çözümlü Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzama Değerleri

Materyal	Atkı Kopma Mukavemeti (N)	Atkı Kopma Mukavemet Azalması (%)	Atkı Kopma Uzama (%)	Çözümlü Kopma Mukavemeti (N)	Çözümlü Kopma Mukavemet Azalması (%)	Çözümlü Kopma Uzama (%)
APSC	551.05	-	13.56	561.85	-	10.87
AAPSC	461.80	16.19	22.16	513.50	8.60	11.08
BAPSC	503.21	8.68	23.58	532.90	5.15	11.13
H <sub>1</sub> APSC	352.00	36.12	19.68	371.29	33.90	6.17
H <sub>1</sub> APSC5	346.00	37.21	18.4	356.08	36.62	7.46
H <sub>1</sub> APSC15	339.61	38.37	17.87	341.66	39.19	7.47
H <sub>1</sub> APSC25	319.00	42.11	17.81	324.00	42.33	7.10
H <sub>2</sub> APSC	326.19	40.80	20.40	392.75	30.09	6.33
H <sub>2</sub> APSC5	326.71	40.71	19.58	358.15	36.25	7.29
H <sub>2</sub> APSC15	308.53	44.01	20.13	350.15	37.67	7.20
H <sub>2</sub> APSC25	336.65	38.90	19.91	349.00	37.88	6.88
RAPSC	240.48	56.35	16.71	339.16	39.63	5.75
RAPSC5	245.55	55.43	16.08	324.10	42.31	6.66
RAPSC15	262.10	52.43	17.33	357.82	36.31	6.66
RAPSC25	263.58	52.16	16.69	365.22	35.00	6.20
CAPSC	361.77	34.34	19.26	447.55	20.34	8.10
CAPSC5	329.73	40.16	20.34	420.66	25.12	11.67
CAPSC15	323.13	41.36	20.46	440.33	21.62	12.45
CAPSC25	320.00	41.92	18.97	442.66	21.21	12.33

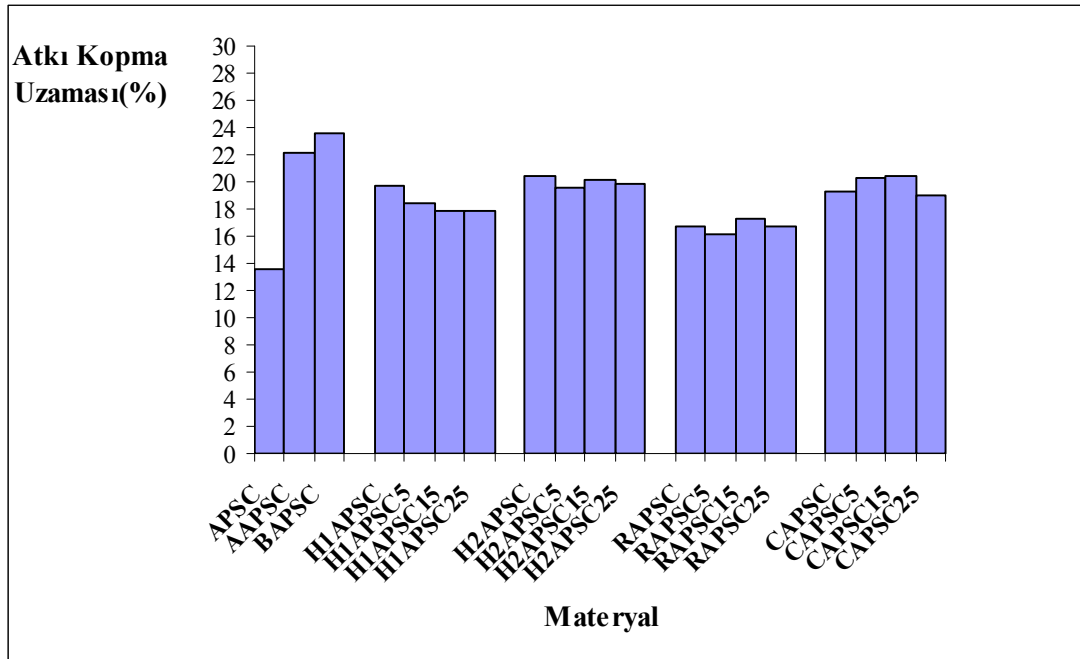


**Şekil IV.38** % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® pure/SeaCell® active Karışım Kumaşın Atkı Kopma Mukavemet Grafik

Ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure kumaşa *atkı kopma mukavemeti 551.05 N* iken, ağartma ile düşen bu değer daha sonra boyama işlemi ile 503.21 N'a yükselmiştir.

Güç tutuşur işlemler ve sonrasındaki yıkamalar neticesinde *en düşük atkı kopma mukavemeti yıkamaya dayanıklı R güç tutuşur madde uygulanan* kumaşlarda en düşük seviyelere inerken (yaklaşık 240-260 N) diğer üç güç tutuşur maddelerin uygulandığı kumaşlarda ise bu değerler kısmen daha yüksek olarak elde edilmiştir.

*En yüksek atkı kopma mukavemeti ise yıkamaya dayanıksız C güç tutuşur maddesinde 361.77 N* elde edilmiş olup; buna karşılık yıkama sonunda atkı kopma mukavemeti değerleri yüksek olanlar ise H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinde elde edilmiştir; bu değerlerin 319-352 N arasında olduğu şekil IV.38'de görülmektedir.



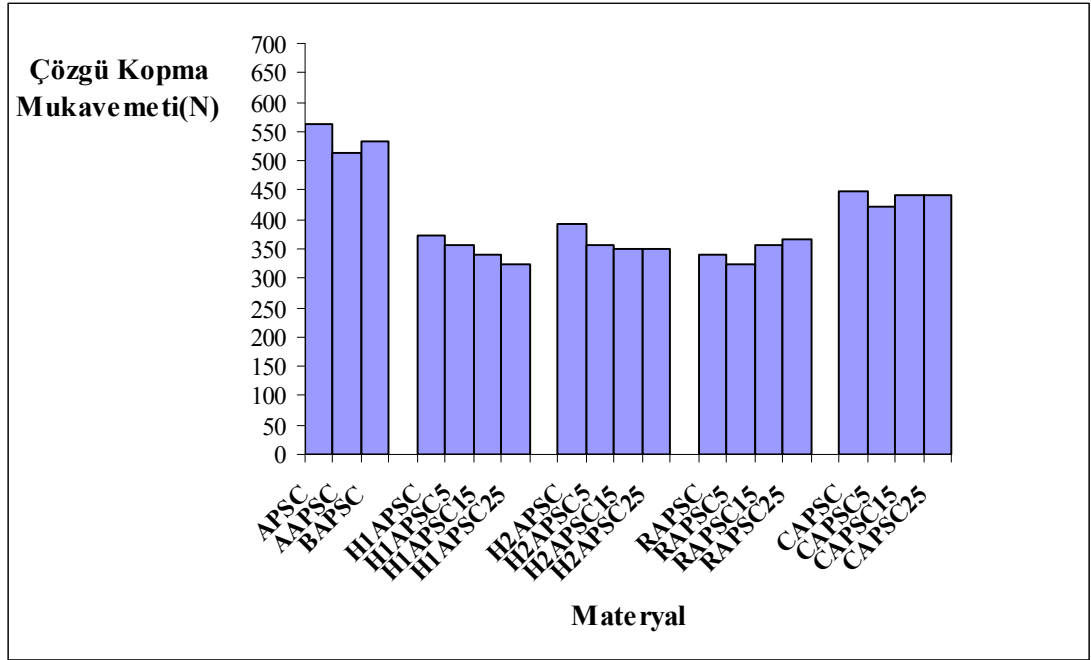
Şekil IV.39 % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/ SeaCell® pure Karışım Kumaşın Atkı Kopma Uzama Grafiği

Ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure kumaşta atkı uzaması %13.56 iken, ağartma ve boyama işlemleri sonunda sırası ile %22.16 ve %23.58 olarak artış gösterdikleri görülmektedir. En düşük atkı uzama değerleri yıkamaya dayanıklı R güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşta görülmüştür.

*En yüksek atkı uzama değerleri H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesinin uygulandığı kumaşta ve hemen hemen yakın değerlerde olan yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesinin uygulandığı kumaşta elde edilmiştir.*

*Maksimum atkı uzama değerinin, H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi ve C güç tutuşur maddesi uygulanan kumaşlarda 15. yıkama sonunda %20.46 olarak elde edildiği gözlemlenmektedir.*

H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure kumaşta H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan kumaşa yakın değerlerde atkı uzaması verdikleri sonucuna şekil IV.39'ten varılabilir.



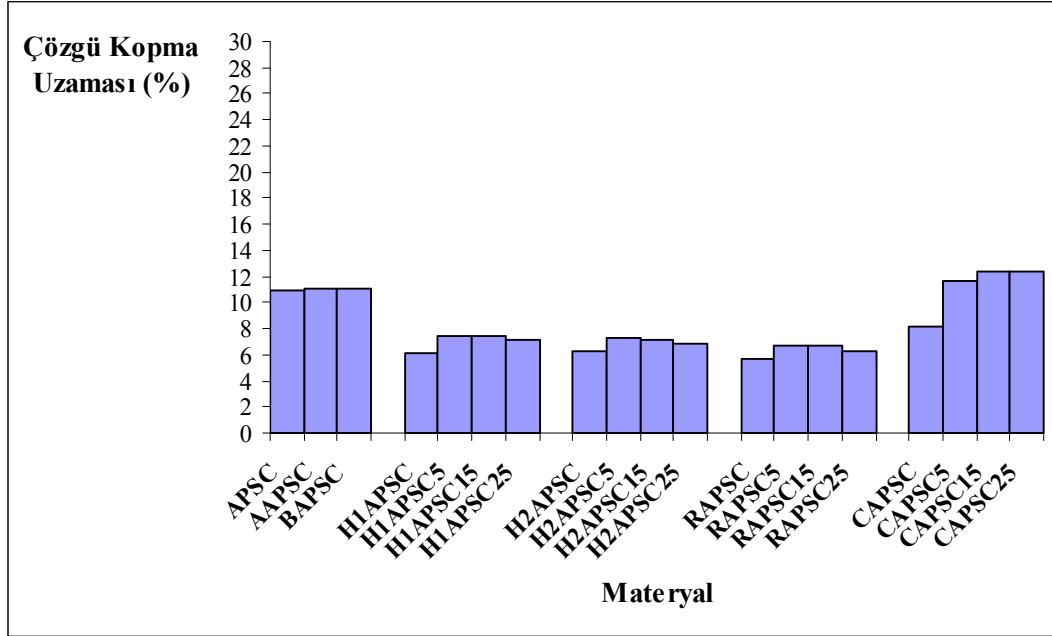
Şekil IV.40 % 75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® pure/SeaCell® active Karışım Kumaşın Çözümlü Kopma Mukavemeti Grafiği

*Sekil IV.40'da* ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure kumaşta çözümlü kopma mukavemeti 561.85 N iken, ağartma ile düşen bu değer boyama sonrasında yükselerek 532.90 N olmuştur.

*Güç tutuşur maddeler uygulanan ve yıkanan kumaşlar içerisinde kısmen düşük çözümlü kopma mukavemeti H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanmış olan*

kumaşlarda görülmüştür; *en yüksek çözgü kopma mukavemetlerinin ise yıkamaya dayanıksız olan C güç tutuşur maddesi* uygulanan kumaşa ve kısmen de H maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan kumaşa elde edildiği gözlemlenmektedir.

*Maksimum çözgü kopma mukavemeti C güç tutuşur maddesi* uygulanan kumaşa 25. yıkama sonunda 442.66 N olarak elde edilmiştir.



**Şekil IV.41** % 75/12.5/12.5 Pamuk/ SeaCell® active /SeaCell® pure Karışım Kumaşın Çözgü Kopma Uzama Grafiği

*Ham %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure kumaşa çözgü uzaması %10.87* iken, ağartma ve boyama işlemleri ile farklılık görülmediği söylenebilir.

*Yıkamaya dayanıksız C güç tutuşur maddesi* uygulanmış kumaşın *en fazla çözgü uzamasına* sahip olduğu görülmüştür; özellikle 5. yıkama sonucunda kayda değer uzama görülmüştür ve maksimum çözgü uzamasının 15. yıkama sonunda *%12.45* olarak elde edilmiştir.

*Genel olarak H maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesinin* uygulandığı kumaşlarda yıkama sonucunda yaklaşık %7'lik bir çözgü uzaması mevcut iken, yıkamaya dayanıklı R güç tutuşur maddesi uygulanan kumaşa bu uzama yaklaşık %6-6.5 olarak kalmaktadır. İlave olarak 25. yıkama sonunda tüm güç tutuşur maddelerde az da olsa çözgü uzamasında düşüş olduğu şekil IV.41'de görülmektedir.

## BÖLÜM V.

### SON DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

*Bu çalışmada, %100 SeaCell®active, %100 SeaCell®pure, %75/25 Pamuk/SeaCell® active, %75/25 Pamuk/SeaCell®pure ve %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell®pure/SeaCell®active kumaşlara 4 farklı güç tutuşurluk reçetesi uygulanarak güç tutuşurluk özellikleri geliştirilmiştir.* Hazırlanan bu kumaşların, termal özelliklerinin belirlenmesi için termogravimetrik (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizleri; yanma özelliklerinin belirlenmesi için limit oksijen indeksi (LOI) testi sonuçları; ham ve terbiye işlemleri uygulanmış kumaşların yapılarındaki fonksiyonel grupların belirlenebilmesi için FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) analizleri incelenmiştir. Güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanan kumaşlara arka arkaya 25 ev tipi yıkama işlemi yapılmıştır. 5, 15 ve 25 yıkama sonunda kumaşlardan numuneler alınarak mukavemet testleri yapılmıştır. Bu kumaşların yıkama öncesi ve sonrası mukavemet kayıpları tespit edilmiştir. 15 yıkama sonrasında alınan numune kumaşların ayrıca LOI değerleri belirlenmiştir. Yapılan uygulamalar ve testler sonucunda ortaya çıkan veriler değerlendirildiğinde, bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

**1. Limit Oksijen İndeks testine göre sonuçlar incelendiğinde ise;**

**ham %100 SeaCell® active kumaşın limit oksijen indeksi** tablo IV.1’de **%17.88** ve **ham %100 SeaCell®pure kumaşın limit oksijen indeksi** tablo IV.2’de **%19.3** olarak görülmektedir. Yapılan ağartma ve boyama işlemlerinden sonra kumaşların tutuşma özelliklerinde kayda değer bir değişim olmamıştır.

***Güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanmış %100 SeaCell®active ve %100 SeaCell®pure kumaşlarda en yüksek limit oksijen indeksi*** tablo IV.1 ve tablo IV.2’de ***Pekoflam HSD liq (C)*** maddesi ile yapılan uygulamada **~%31** olarak tespit edilmiştir. Fakat **15. yıkama** sonunda ise materyalin ***güç tutuşurluk özelliğini tamamen kaybettiği görülmüştür.***

***Pamuk/SeaCell® karışımlarında Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan kumaşlarda ~%27, H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan kumaşlarda ~ %26 LOI***

*değeri* elde edilmiştir. *New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi* uygulanan kumaşların ise *~%26 LOI* değerine sahip olduğu görülmüştür.

**Ev tipi yıkamalar sonrası** LOI değerlerinde çok az kaybın olması nedeninin, Pyrovatex CP (H) ve Ruco- Flam PCE-T (R) maddelerinin reçine ile birlikte kumaşların fonksiyonel grupları arasında oluşturduğu çapraz bağlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. FTIR spektrumunda açıkça görülmüştür.

**2. Ham kumaşların FTIR spektrumu** şekil IV.16'de verilmiştir. Fonksiyonel grupları belirlenmiştir.

Şekil IV.17 ve şekil IV.18'te %100 SeaCell® active ve %100 SeaCell® pure kumaşların, ham ve güç tutuşurluk bitim işlem maddeleri uygulanmış FTIR spektrumları verilmiştir. Bu tablolardan fonksiyonel grup oluşumundaki farklılıklar tespit edilmiştir. Özellikle şekil IV.17 ve şekil IV.18'te *Pyrovatex CP (H) maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi* ile yapılan uygulamalarda *1260 cm<sup>-1</sup>'de organofosforun fosfin oksite (P=O)* ait pik görülmüştür.

*Şekil IV.17 - şekil IV.21'de 815 cm<sup>-1</sup>'de ise Pyrovatex CP (H) maddesinin H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> reçetesi ve New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi ile yapılan uygulamalarda çapraz bağlayıcıya ait triazin piki olduğu* görülmüştür.

Ancak *Pamuk/SeaCell® karışımlarında 1260 cm<sup>-1</sup>'de organofosforun fosfin oksite (P=O)* ait pikin zayıf olduğu, *~820 cm<sup>-1</sup>* ise çapraz bağlayıcıya ait triazin piki görülmektedir.

#### 4. Termal Analizlerden TGA termogramları incelendiğinde

*%100 SeaCell® active, %100 SeaCell® pure kumaşların ve Pamuk/SeaCell® karışımlarının ısı bozunma sıcaklıkları ve kömür oluşum miktarları tespit edilmiştir.* Bütün kumaşlarda en fazla kömür oluşumu, birbirlerine benzer termogram eğrisi veren *Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinde ve R maddesinde* gerçekleşmiştir.

**%100 SeaCell® active ve %100 SeaCell® pure** kumaşlarda Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve R maddesi uygulamalarında bozunma sıcaklığı *~310°C'lerden ~263°C'ye* düşmüştür.

Pyrovatex CP (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinde ve New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesinde *%35 oranında kömür oluşumu meydana gelirken,*

**Pamuk/SeaCell® karışımlarında ise** Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve R maddesi uygulamalarında **ısı bozunma sıcaklıkları ~310°C'lerden ~270°C'ye** düştüğü görülmüştür. Kömür oluşumu %33 olarak tespit edilmiştir.

**%100 SeaCell® active ve %100 SeaCell® pure kumaşlarda %33, Pekoflam HSD liq (C) maddesi uygulanmış Pamuk/SeaCell® karışımlarında ise %28** oranında kömüroluşumu Şekil IV.6-10' da görülmüştür.

Kumaşlara güç tutuşurluk maddelerinin uygulanması **piroliz mekanizmasının daha düşük sıcaklıklarda başlamasına neden olmuştur**. Bu düşüşün, kullanılan güç tutuşurluk maddelerinin kumaşlara katalitik etki yapması sonucunda dehidrasyon oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak **artan kömür oluşumu**, güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanmış kumaşların güç tutuşurluğunu geliştirmiştir.

**Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesinin ve New Ruco-Flam PCE-T (R) maddesinin uygulandığı SeaCell® karışumlu kumaşların Pekoflam HSD liq (C) maddesinin uygulandığı SeaCell® karışumlu kumaşlara göre daha iyi termal kararlılıkla güç tutuşurluk özelliği kazandırdığı görülmüştür.**

#### **4. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) termogramları incelendiğinde,**

%100 SeaCell® kumaşlara **ait termogramlarda iki endotermik ve bir ekzotermik pik**, pamuk/SeaCell karışım kumaşlara **ait termogramlarda ise iki endotermik pik ve iki ekzotermik pik** görülmüştür. Endotermik piklerden birincisi kumaşlarda su kaybını, ikincisi ise muhtemelen asidin katalizi sonucu kumaşların bozunduğu göstermektedir.

Pamuğun piroliz sıcaklığının ~350°C olduğu[131] göz önüne alındığında, kullanılan tüm güç tutuşurluk maddelerinin pamuğun ve SeaCell®'in bozunma sıcaklıklarının ~270°C'lere düşmesini, pirolizin daha kısa zamanda meydana gelmesini sağlamış ve böylece kömüroluşumunu da hızlandırmıştır. Meydana gelen kömürün, alevde mevcut olan yakıt miktarını azaltarak alevin gecikmesine yardım ettiği ve kumaş ile ısı arasında bariyer görevi yaparak materyalin güç tutuşmasını sağladığı söylenebilir.

Pamuk/SeaCell karışım kumaşlarda **iki ekzotermik pik oluşumu** tespit edilmiştir. İki farklı ekzotermik pikin meydana gelmesinin sebebi ise kumaşın pamuk/SeaCell® karışımından oluşmasıdır; SeaCell®'deki Lyocellin polimerleşme derecesinin (550-600), pamuğun polimerleşme derecesine (2500-3000) göre düşük

olması, karışımlarda meydana gelen ilk ekzotermik piklerin SeaCell®'e, ikinci oluşan ekzotermik piklerin ise pamuğa ait olduğu söylenebilir.

**DSC termogramlarında görülen bozunma sıcaklıkları TGA sonuçları ile benzerlik göstermektedir.**

%100 Seacell® ve Pamuk/SeaCell® kumaşlarda Pyrovatex CP (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi spektraldaki eğrileri benzerlik gösterdiği görülmüştür.

*Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi, New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi uygulanan %100 SeaCell® active (AS) ve %100 SeaCell® pure (PS) kumaşlarda iki endotermik pik ve bir ekzotermik pik oluşumu görülmüştür. ~100°C'de meydana gelen birinci endotermik pikin su kaybını, ~267.79°C'de oluşan ikinci pikin ise asidin katalizi sonucu kumaşın bozunduğunu ve ~294°C'de görülen ekzotermik pikin yanmanın olduğunu ifade etmektedir.*

*Pekoflam HSD liq (C) maddesi uygulanmış kumaşta endotermik pik ~244°C oluşmuştur. Katalitik etki nedeniyle kumaşın bozunma sıcaklığının ham kumaşa göre düştüğü görülmüştür.*

*Pekoflam HSD liq (C) maddesi uygulanmış kumaşların fosforilizasyonun endotermik sıcaklığının düşük olmasından dolayı, Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi uygulanmış kumaşlara göre limit oksijen indeksinin daha yüksek olduğunu göstermiştir.*

**Pamuk/SeaCell® karışımlarında** yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen termogramlarda *bir endotermik pik ve iki farklı ekzotermik pik* meydana gelmiştir.

*Pyrovatex CP® NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi, New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi ile yapılan uygulamalarda toplam iki endotermik pik ve iki ekzotermik pik oluşumu görülmüştür. ~100°C'de meydana gelen birinci endotermik pikin su kaybını, ~270°C'de oluşan ikinci pikin asidin katalizi sonucu kumaşın bozunduğunu ifade ettiği söylenebilir.*

*H maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi uygulanan Pamuk/SeaCell® karışımlarında ~303°C ve ~314°C'de iki ekzotermik pik meydana gelmiştir. ~303°C'de meydana gelen birinci pikin SeaCell®'e ve ~314°C'de meydana gelen ikinci ekzotermik pikin ise pamuğa ait olduğu söylenebilir.*



*R maddesi* uygulanmış *Pamuk/SeaCell®* karışım kumaşlarda  $\sim 269^{\circ}\text{C}$ 'de endotermik pik,  $\sim 304^{\circ}\text{C}$  ve  $\sim 316^{\circ}\text{C}$ 'de ise iki ekzotermik pik görülmüştür.  $\sim 304^{\circ}\text{C}$ 'de meydana gelen birinci ekzotermik pikin *SeaCell®*'e ve  $\sim 316^{\circ}\text{C}$ 'de meydana gelen ikinci ekzotermik pikin pamuğa ait olduğu söylenebilir.

*Pekoflam HSD liq (C)* maddesi uygulanmış *Pamuk/SeaCell®* karışım kumaşlarda  $\sim 250^{\circ}\text{C}$ 'de görülmüştür. Katalitik etki nedeniyle kumaşın bozunma sıcaklığının ham kumaşa göre düştüğü gözlemlenmiştir.

*Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_1$  reçetesi ve *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanmış *Pamuk/SeaCell®* karışım kumaşlarda, *Pekoflam HSD liq (C)* maddesi uygulanmış *Pamuk/SeaCell®* karışım kumaşlara göre fosforilasyonun daha büyük bir etkiye sahip olduğu ve limit oksijen indeks değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

##### 5. Mukavemet sonuçları (Tablo IV.6) değerlendirildiğinde;

$\%100$  *SeaCell® active* kumaşta atkı yönünde ağartma işlemlerinde  $\%26$  ve boyama işlemlerinde  $\%31$  mukavemet kaybı meydana gelirken, *çözgü yönünde* ise ağartma işlemlerinde  $\%34$  ve boyama işlemlerinde  $\%39$  mukavemet kaybı olduğu görülmüştür.

*Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_1$  ve  $H_2$  reçetesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta atkı yönünde en az mukavemet kaybının  $\%34-36$ , *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta ise en fazla mukavemet kaybının  $\%67$  olduğu tespit edilmiştir.

*H maddesinin  $H_2$  reçetesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta çözgü yönünde en az mukavemet kaybının  $\%32$ , *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta ise en fazla mukavemet kaybının  $\%69$  olduğu görülmüştür.*

##### *Ev tipi yıkamalar sonrası mukavemetler incelendiğinde;*

*Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_1$  reçetesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta 25 yıkama sonunda atkı yönünde en az mukavemet kaybı  $\%46$  olarak elde edilmiştir. Buna karşın *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta 25 yıkama sonunda atkı yönünde en fazla mukavemet kaybı  $\%67$  olduğu görülmüştür.

*Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_2$  reçetesi uygulanan  $\%100$  *SeaCell® active* kumaşta çözgü yönünde en az mukavemet kaybı  $\%47$ , *Pekoflam*

*HSD liq (C)* maddesi uygulanan %100 *SeaCell® active* kumaşta *çözgü yönünde en fazla mukavemet kaybı %67* olarak elde edilmiştir.

*%SeaCell® pure kumaşta (Tablo IV.7) atkı yönünde* ağartma işlemlerinde %22 ve boyama işlemlerinde %33 mukavemet kaybı olduğu, *çözgü yönünde ise* ağartma işlemlerinde %19 ve boyama işlemlerinde %20 mukavemet kaybı olduğu tespit edilmiştir.

*Pyrovatex CP (H)* maddesinin  $H_1$  ve  $H_2$  reçetesi uygulanan %100 *SeaCell® pure* kumaşta *atkı yönünde en az mukavemet kaybı %42-46* ve *çözgü yönünde en az mukavemet kaybı ise %42-27* meydana geldiği tespit edilmiştir.

*New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan %100 *SeaCell® pure* kumaşta *atkı ve çözgü yönünde en fazla mukavemet kaybı* sırası ile *%71 ve %67* olarak tespit edilmiştir.

*Ev tipi yıkamalar sonrası mukavemetler incelendiğinde;*

*Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_1$  reçetesi uygulanan %*SeaCell® pure* kumaşta 25 yıkama sonrasında *atkı yönünde en az mukavemet kaybı %50* olarak elde edilmiştir. Buna karşın *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan %*SeaCell® pure* kumaşta *atkı yönünde en fazla mukavemet kaybı %60* olarak tespit edilmiştir.

*New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan %*SeaCell® pure* kumaşta *çözgü yönünde en fazla mukavemet kaybının %65*, *Pyrovatex CP® NEW (H)*'ın  $H_2$  reçetesi uygulanan kumaşlarda *çözgü yönünde en az mukavemet kaybının %36* olduğu tablo IV.19'te görülmektedir.

*TabloIV.8'de Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_2$  reçetesi uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell®active* karışımlarda, *atkı yönünde en az mukavemet kaybının %35*, *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell®active* karışımlarda ise *en fazla mukavemet kaybının %48* olduğu görülmüştür.

*Pekoflam HSD liq (C)* maddesi uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell®active* karışımlarda *çözgü yönünde en iyi mukavemet değeri %20* iken *Pyrovatex CP® NEW (H)* maddesinin  $H_1$  ve  $H_2$  reçetesi uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell®active* karışımlarda benzer mukavemet değerleri (%28-29) elde edilmiştir. *New Ruco- Flam PCE-T (R)* maddesi uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell®active* kumaşta *en az mukavemet değeri %32* olarak elde edilmiştir.

**Ev tipi yıkamalar sonrası mukavemetler incelendiğinde;**

*Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi* uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>active karışımlarda* 25 yıkama sonunda **atki yönünde en az mukavemet kaybı %39** olarak elde edilmiştir. *New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi* uygulanan kumaşta ise **en fazla mukavemet kaybı %50** olarak görülmektedir.

*Pekoflam HSD liq (C) maddesi* uygulanan kumaşta 25 yıkama sonunda **çözgü yönünde en az mukavemet kaybı %26** olarak görülmüştür.

**TabloIV.9'da** *Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi* uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>pure karışımlarında* **atki yönünde en az mukavemet kaybı %33** , *New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi* uygulanan kumaşta **en fazla mukavemet kaybı %52** olarak görülmüştür.

*Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H) maddesinin H<sub>2</sub> reçetesi* uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>pure karışımlarında* **çözgü yönünde mukavemet kaybı %27** olarak elde edilmiştir.

**Ev tipi yıkamalar sonrası mukavemetler incelendiğinde;**

*Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi* uygulanan %75/25 *Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>pure karışımlarda* 25 yıkama sonunda **atki yönünde en az mukavemet kaybı %45** olarak elde edilmiştir. *New Ruco- Flam PCE-T (R) ve Pekoflam HSD liq (C) maddeleri* uygulanan kumaşlarda **en fazla mukavemet kaybı** sırasıyla %50 ve %53 olarak tespit edilmiştir.

*Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H)'in H<sub>1</sub> reçetesi* uygulanan kumaşta **çözgü yönünde en fazla mukavemet kaybının %41** olduğu, *Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H)'in H<sub>2</sub> reçetesi*, *New Ruco- Flam PCE-T (R) ve Pekoflam HSD liq (C) maddeleri* uygulanan kumaşlarda ise **en fazla mukavemet kaybının %33** civarında olduğu görülmüştür.

**TabloIV.10'da** *Pyrovatex CP<sup>®</sup> NEW (H) maddesinin H<sub>1</sub> reçetesi ve Pekoflam HSD liq (C) maddesi* uygulanan %75/12.5/12.5 *Pamuk/SeaCell<sup>®</sup>active/SeaCell<sup>®</sup>pure* karışım kumaşlarda **atki yönünde mukavemet kayıpları %36-34** iken, *New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi* uygulanan kumaşta **atki yönünde en fazla mukavemet kaybı %56** olmuştur.

**Pekoflam HSD liq (C) maddesi, Pyrovatex CP® NEW (H)'ın H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> reçetesi uygulanan kumaşta çözgü yönünde en az mukavemet kayıpları sırasıyla %20, %30 ve %33, New Ruco- Flam PCE-T (R) maddesi uygulanan kumaşta ise en fazla mukavemet kaybı görülmüştür.**

**Ev tipi yıkamalar sonrası mukavemetler incelendiğinde;**

25 yıkama sonunda atki yönünde en az mukavemet kaybı sırasıyla Pyrovatex CP® NEW (H)'ın H<sub>2</sub> reçetesi ve Pekoflam HSD liq (C) ve New Ruco-Flam PCE-T (R) maddesi uygulanan %75/12.5/12.5 Pamuk/SeaCell® active/SeaCell® pure karışım kumaşlarda olurken, çözgü yönünde en az mukavemet kaybı Pekoflam HSD liq (C) maddesi uygulanan kumaşta gerçekleşmiştir. Buna karşılık en fazla mukavemet kaybı Ruco-Flam PCE-T (R) maddesi uygulanan kumaşta olmuştur.

**6. Pyrovatex CP® NEW (H) ve New Ruco- Flam PCE-T (R) maddeleri** ile yapılan güç tutuşurluk işlemleri neticesinde, bu maddelerin, lif ile reaksiyon yapan fibriller arasında bağ oluşturan maddeler olması nedeniyle fibriller arası hareketler kısıtlanır. Dolayısı ile yüksek oranda mukavemet kaybına sebep verirler.

**Pekoflam HSD liq (C) maddesi** ile yapılan işlemlerde, bu maddenin selüloz veya lif içersindeki gruplarla bağ yapmamasından dolayı kolay uzaklaştırıldıkları, diğer yandan yüksek polimerleşme derecesi ve daha kristalin yapı nedeniyle karışımlarda pamuğun bulunması mukavemet değerlerindeki kaybı minimum düzeye düşürdüğü, başka bir deyişle karışımdaki Lyocell ve alginat liflerinin yalnız başlarına bulunması (pamuğun eksikliği) güç tutuşur maddelerinin daha fazla elyaf içinde kaldıklarından dolayı daha fazla güç tutuşurluk etkisi ve daha fazla mukavemet kaybı olduğu görülmüştür. Yıkama sonrası oluşan mukavemet kayıplarındaki artışın normal olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Çalışkan, M.; Yükseloğlu, S.M.: “Anti Bakteriyel Elyaf: SeaCell® Aktif ve Özellikleri”, Niğde Tekstil Sempozyumu, Niğde Üniversitesi Bor Halil Zöhre Ataman Meslek Yüksek Okulu, Niğde, 4-6, **2008**, 361-371.
- [2] Başer, İ.: “Elyaf Bilgisi”, Marmara Üniversitesi, No 254, İstanbul, Türkiye, **(1992)**, 1-3
- [3] R, Wilhelm.: “Manmade Fibers – A Contribution To The Ecological Future”, International Fiber Journal, **(February 2011)**, 8-9.
- [4] <http://www.all-soy-products.com/a55-soy-fibers.php>, 14.03.2011.
- [5] <http://www.all-soy-products.com/a55-soy-fibers.php>, 14.03.2011.
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo\\_textiles](http://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo_textiles), 14.03.2011.
- [7] Oyman, Ü.: “Elyaf Bilgisi 1 Ders Notları”, İ.T.Ü Makine Fakültesi, İstanbul, Türkiye **(1984)** 24-29.
- [8] John, S.: “Cellulosics Dyeing” Society of Dyers and Colourists Manchester, UK, 1995, 2-6
- [9] Hans-Karl Rouette.: “Encyclopedia Of Textile Finishing”, Aachen Germany, **2000**, 241.
- [10] Nikolov A; Nordisk N; “Lyocell Gibi Özel Malzemelere Uygulanan Hazır ve Apreleme İşlemleri” , Dye &Tech, Sayı:1, Mayıs- Haziran **1997**, 32-36.
- [11] Seventekin N.; Öktem T.: “Lyocell Lifleri” , Tekstil Terbiye & Teknik, Cilt: 3, Sayı: 128, **1998**, 78-81.
- [12] Ahmed, S I.; Hawkyard, C. J.; Shamey, R.: “Dyeing Characteristics Of A Tencel Alloy Fi Bre”, Coloration Technology , Manchester, UK, Sayı **120 (2004)** 247-253.
- [13] Karypidis, M.; Wilding, M. A.; Carr, C M.; Lewis, D M.: “TheEffect of Crosslinking Agents and Reactive Dyes on the Fibrillation of Lyocell“, AATCC Review, **(2001)** 40.
- [14] Bates, I.; Maudru, E.; Phillips, DAS.; AHM Renfrew.; YSu.; j Xu.: “Cross-linking agents for the protection of lyocell against fibrillation synthesis”, Coloration Technology, Sayı 120, Manchester, UK, **(2004)**, 123–131.

- [15] Bates, I.; Maudru, E.; Phillips, D.A.S.; Renfrew, A.H.M.; Y, Su.; J, Xu.:  
“CrossLinking Agents For The Protection Of Lyocell Against Fibrillation  
Synthesis Appplication And Technical Assessmeny Of 2,4  
Diacrylamidobenzenesulphonic Acid”, Coloration Technology, Sayı 120,  
Manchester, UK, **(2004)** 293–300.
- [16] Bredereck, K.: “Lyocell Liflerinin Yapısı Özellikleri Ve Terbiye Davranışları”  
Tekstil Terbiye Teknik İstanbul, Türkiye, Aralık **(1998)** 43-48.
- [17] AATCC Test Metod 20-2005.: “Fiber Analysis: Qualitative“ American  
Association of Textile Chemists and Colorists AATCC Technical Manual;  
Amerika, **2005**.
- [18] Terminology Of Man-Made Fibres The International Bureau For The  
Standardisation Of Man-Made Fibres.:, Bisfa **2000**.
- [19] Hohberg, T.; Thumm S.; “Lyocell’in Terbiyesi”, Melliand Textileberichte,  
Sayı 2, Haziran (1998), 114-117.
- [20] Bates, I.; Phillips, D.A.S.; Renfrew, A.H.M.: “Protection Of Lyocell Against  
Fibrillation.Part 3: Investigation Of The Durability Of Crosslinks Formed With  
4,6-(P-Bsulphatoethylsulphonyl)- Anilino-1,3, 5-Triazin-2(1H)-One On Lyocell  
Fibre”, Society of Dyers and Colourists, Sayı 123, Manchester, UK **(2007)**  
163–169.
- [21] Bates, I.; Maudru, E.; Phillips, DAS.; Renfrew, AHM.; Y, Su.; J,Xu,: “Cross-  
Linking Agents For The Protection Of Lyocell Against Fibrillation Synthesis”,  
Society of Dyers and Colourists, Sayı 120, **(2004)**, 123–131.
- [22] Phillips, D A S.; Reisel, R .; Renfrew A.H.M “Influence Of Dichloro-S-  
Triazinyl Reactive Dyes On The Fibrillation Propensity Of Lyocell Fibres”,  
Society of Dyers and Colourists, Sayı 124, **(2008)**, 173–179.
- [23] Ibbett, R.; Owens, H.; Reisel, R.; A.H.M. “Renfrew Protection Of Lyocell  
Fibres Against Fibrillation; Mechanism For The Poor Crosslinking Performance  
Of Reactive Dyes On Lyocell Fibres And The İnfluence Of A Colourless  
Crosslinking Agent As Co-Applicant”, Society of Dyers and Colourists, Sayı  
125, **(2009)**, 123–131.
- [24] Roca, R.: “Havalı Makinalarda Lyocell/Tencel Kumaşların Hazırlanması,  
Boyanması ve Apresi”, Tekstil Terbiye& Teknik, Sayı 4, Haziran (1999), 94-96.
- [25] Miosga, E.: “Lyocell Liflerin Polifonksiyonel Reaktif Boyarmadde ile  
Boyanması”, Melliand Textilberichte, Sayı: 1, Ekim (1998), 56-58.

- [26] Nicolai M., Nechwatal A., Miecek K. P., “Lyocell Liflerin Tekstil Terbiyesi Sırasında Fibrilasyon Davranışları”, *Melliand Textilber*cehte, Nisan (1997), 61-62.
- [27] Bredereck, K.: “ Lyocell Liflerin Yapısı, Özellikleri ve Terbiye Davranışları”, *Tekstil Terbiye&Teknik*, Aralık (1998), 47-48.
- [28] Qin, Y.: “Review Alginate Fibres: An Overview Of The Production Processes And Applications İn Wound Management”, *Polymer International*, Sayı 57, (2008), 171–180.
- [29] Qin, Y.: Hu, Huiqun; Aixiang, Luo.: “The Conversion of Calcium Alginate Fibers into Alginic Acid Fibers and Sodium Alginate Fibers”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 101, (2006), 4216–4221.
- [30] Qin, Y.: “The Characterization of Alginate Wound Dressings with Different Fiber and Textile Structures”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 100, (2006), 2516–2520.
- [31] Edwards, J. V.; Alvin F. Bopp.; Batiste, S. L.; Goynes, W. R.: “Human Neutrophil Elastase İnhibition With A Novel Cotton-Alginate Wound Dressing Formulation USDA”, *Agriculture Research Service, Southern Regional Research Center, New Orleans, Louisiana* 15 July 2002,
- [32] Qin, Y.: “Gel Swelling Properties of Alginate Fibers”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 91, (2004), 1641–1645.
- [33] <http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzyme-explorer/learning-center/carbohydrate-analysis.html> 5.03.2011.
- [34] Yoo-joo Kim.; Kee-jong yoon.; Sohkwon Ko.; “Preparation and Properties of Alginate Superabsorbent Filament Fibers Crosslinked with Glutaraldehyde”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 78, (2000), 1797–1804.
- [35] Mikołajczyk, T.; Wołowska-Czapnik D.; “Maciej Bogun A New Generation of Fibers from Alginic Acid for Dressing Materials”, *Published in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com)*, 24 October 2007.
- [36] Purwar, R.; Joshi, M.: “Recent Developments in Antimicrobial Finishing of Textiles-A Review”, *AATCC Review*, March 2004.
- [37] Williams, J.F.; Vanson Halo Source Inc.; and Unchin Cho.: “Antimicrobial Functions For Synthetic Fibers: Recent Developments”, *AATCC Review* March 2005
- [38] Süpüren, G.; Kanat, Z.E.; Çay, A.; Tarakçıoğlu I.: “Antimikrobiyel Lifler”,

Tekstil ve Konfeksiyon 2 **2006**

- [39] Beerse, P.W.; Morgan, J.M.; Baier K.G.; Cen, W.; Bakken, T.A.;  
“Antimicrobial Wipes Which Provide Improved Residual Benefit Versus Gram  
Negative Bacteria”, Patent US 6, 197, 315.
- [40] <http://www.futurefactoryclothing.com/product.htm>, 18.03.2010.
- [41] Zikeli, S.; Wolschner, B.; Eichinger, D.; Jurkovic, R.; Firgo, H.: “Process For  
Producing Solutions Of Cellulose”, Patent EP 0356419, 1987.
- [42] Zikeli, S.. “Lyocell fibers with health-promoting effect through incorporation of  
seaweed ”, Chemical Fibers International, Sayı 51, 2001, 272-276.
- [43] Grier, N.: “Silver and its compounds”, S.S. Block, Lea and Febiger”,  
Antiseptics and Disinfectants", **1977**, 375- 389.
- [44] Zikeli, S.; Ecker, F.: “Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von  
Endlosformkörpern”, Patent DE10037923.
- [45] Johnson&Johnson Product information - Actisorb Silver 220, **2001**.
- [46] Haynes, J.L.; Schulte, T.H.: “Antibacterial Silver Surfaces - An Assessment Of  
Needs And Opportunities For Clinical Devices”, First International Conference  
on Gold and Silver in Medicine, Marylena, USA, May 13-14, **1987**
- [47] <http://www.samsungft.com/data/SeaCell® PresentationNewVersion.pdf>,  
03.05. 2011
- [48] Bajaj, P.: “Finishing Of Textile Materials Journal Of Applied Polymer  
Science”, Vol. 83, (**2002**), 631–659.
- [49] Tsafack, M.J.; Levalois, J.: “Grützmacher Flame Retardancy Of Cotton Textiles  
By Pasma-Induced Grafft- Polymerization (PIGP) ”, Surface &Coating  
Technology, **2006** (599-2610).
- [50] Thiry M.C.: “Textile Flammability”, AATCC Review, February 2003, 8-12.
- [51] Thiry M.C.: “The War On Textile Flammability”, AATCC Review, February  
**2001**, 20-25.
- [52] Thiry M.C.: “The Burning Bed”, AATCC Review, February **2004**, 7-11.
- [53] Thiry M.C.: “Playing With Fire”, AATCC Review, February **2002**, 16-20.
- [54] Kozłowski, R.; Władyka- Pryzbylak, M.: “Polymer For Advanced  
Technologies”, Sayı 19 **2008**, 446- 453
- [55] Horrocks, A.R.; Kandola, B.K.; Davies P.; J, Zhang.; S, Padbury S.A.:  
“Developments In Flame Retardant Textiles”, Polymer Degradation And  
Stability, **2005**.



- [56] Persico, P.; Carfagna, C.; Musto, P.; "Nanocomposite fibers for cosmetotextile Applications", *Macromol Symp*, **2006**, 147- 155.
- [57] Jeffrey K.; Stowell, Charles Q.; Yang A.: "Durable Low –Formaldehyde Flame Retardant Finish For Cotton Fabrics", *AATCC Review*, February **2003**, 17- 20.
- [58] Nakanishi, S.; Masuko, F.; Hashimoto, T.: "Durable Flame-Retardant Finished Cotton Fabrics Characterized by Thermal Degradation Behaviors", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 71, (**1999**), 975–987.
- [59] Sanuki, H.; Yamaishia, K. ; Inokoshi, N.: "Flame Retardancy and Free Formaldehyde Content of Fabrics Finished with Pyrovatex CP", *Journal of The Textile Machinery Society of Japan*, Vol 13. **1978**.
- [60] Akalin M.: "Smoke CO and CO<sub>2</sub> Evolution Behaviour From Cotton And Cotton Fabrics", PhD Thesis University of Salford, İngiltere **1991**.
- [61] Stolarek, P.; Ledakowicz, S.; "Pyrolysis kinetics of chitin by non-isothermal thermogravimetry", *Thermochimica acta* 433, **2005**, (200-208).
- [62] Heywood, D.: "Textile finishing", *Society Of Dyers And Colourists*, **2003**
- [63] Charles T.: "Chemistry & Technology Of Fabric Preparation & Finishing Department Of Textile Engineering", *Chemistry and Science college of textiles North Carolina State Universty* **1992**.
- [64] Shafizadeh, F.; Lai, Y. Z. J.: "The Chemistry of Pyrolysis and Combustion" *The Chemistry of Solid Wood*, May 05 **1984**, 489- 529
- [65] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cssc.201000119/abstract> 04.04.2011.
- [66] Cho, J.; Davis J.M.; George W.; Huber.: "The Intrinsic Kinetics and Heats of Reactions for Cellulose Pyrolysis and Char Formation", *Chem Sus Chem* **2010**, 1162 – 1165.
- [67] <http://www.iris-biotech.de/life-sciences/carbohydrates/glucose/levoglucosan-12201.html> 24.04.2011.
- [68] Genç, G.; Alp, B.; Balkose, D.; Ulku, S.; Cireli, A.: "Moisture Sorption and Thermal Characteristics of Polyaramide Blend Fabrics", Published in *Wiley InterScience* ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)), 28 June **2006**.
- [69] Bourbigot, S. ; Flambard, X.: "Heat Resistant And Flammability Of High Performans Fibers: A Review ", *Fire and Materials*, **2002**, 155-168.
- [70] [http://www.dpp-europe.com/IMG/pdf/nqp\\_industrial.pdf](http://www.dpp-europe.com/IMG/pdf/nqp_industrial.pdf) 2011 05.03.2011.
- [71] <http://www.dpp-europe.com/-Elyafilar,2251-.html?lang=tr> 05.03.2011.

- [72] <http://www.dpp-europe.com/-KEVLAR-R-Urun-serisi-.html?lang=tr>  
05.03.2011.
- [73] <http://web.mit.edu/course/3/3.91/www/slides/cunniff.pdf> 05.03.2011.
- [74] <http://www.carbon-rich.com.tw/page2.html> 05.03.2011.
- [75] Thibault, S.; Couder, M.: “Les Fibres Minerales Agence Rhône-Alpes Pour La Maîtrise”, Des Matériaux **Mai 2000**, 30-53
- [76] [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/11/508/115081\\_02.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/11/508/115081_02.pdf) 17.04.2011.
- [77] <http://www.basofil.com/about.html> 17.04.2011.
- [78] [http://www2.dupont.com/Teflon\\_Industrial/en\\_US/index.html](http://www2.dupont.com/Teflon_Industrial/en_US/index.html) 17.04.2011.
- [79] Lewin, M.: “In Handbook of Fiber Science and Technology: Chemical Processing of Fibers and Fabrics: Functional Finishes“, Vol. II, New York, **1984**.
- [80] Zaikov G. E.; Lomakin S. M.: “Ecological issue of polymer flame retardancy” Journal of Applied Polymer Science, 19 September **2002**, 2449-2462.
- [81] Lewin, M.; Weil, E. D.: “In Mechanisms And Modes Of Action In Flame Retardancy Of Polymers”, Horrocks, A.R.; Price, D.; Ed.; Fire retardant materials; WoodheadPublishing Ltd and CRC Press LLC: Cambridge England, **2001**, 31-68.
- [82] Price, D.; Anthony, G; Anthony Carty, P: “In Introduction: Polymer Combustion, Condensed Phase Pyrolysis And Smoke Formation”, Horrocks, A. R, Price, D, Eds.; Woodhead Publishing Limited: Cambridge England, 2001; 1- 30.
- [83] Bellini, P.; Bonetti, F.; Franzetti, E.; Rosace, G.; Vago, S.: “Textile reference book for finishing” Third Edition November **2002**.
- [84] Schindler, W.D.; Hauser, P.J.: “Chemical Finishing Of Textiles” , The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited England, **2004**.
- [85] Posner, S.: “In Survey and technical assessment of alternatives to ecabromodiphenyl ether (decaBDE) in textile applications” **2004**.
- [86] [http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM5\\_04.pdf](http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM5_04.pdf), 12.02.2011
- [87] Dufton, P.: “In Flame Retardants for Plastics” , Rapra Technology Limited, United Kingdom, **2003**.
- [88] Powell, C. S.: “Phosphorus-Based Flame Retardants For Textiles” American Dyestuff Reporter Vol. 87, No. 9, **1998**, 51-53.

- [89] [http://www.flameretardants-online.com/images/userdata/pdf/168\\_DE.pdf](http://www.flameretardants-online.com/images/userdata/pdf/168_DE.pdf), 7 Mayıs 2011
- [90] <http://wenku.baidu.com/view/8dbfaa69a98271fe910ef9b2.html>, 7 Mayıs 2011
- [91] Chen, L.; Yu –Zhong Wang.: “A Review On Flame Reterdant Technology in China . Part I : Development Of Flaame Retardants”, Polymer Advanced Technologies, 2010, 1-26.
- [92] <http://upetd.up.ac.za/thesis/submitted/etd-01122007112752/unrestricted/05chapter5.pdf>  
7 Mayıs 2011
- [93] Derek, H.: “Textile Finishing” Society Of Dyers Colourists”, UK (2003), 225-226
- [94] Gemci, R.; Gülsen, G.; Güç Tutusur Kumas Üretiminde Bor Bilesiklerinin Kullanılması Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 4, No: 1, 2010 (1-10).
- [95] Andrae, N.J.: “Durable and Environmentally Friendly Flame Retardants for Synthetics”, A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of therequirements for the Degree of Master of Science Textile Chemistry Raleigh, NC May 12, 2007.
- [96] Weil, E.D., Levchik, S.V. :”Flame Retardants in Commercial Use or Development for Textiles”, Journal Of Fire Sciences, Vol. 26, 2008
- [97] Lewin M.; Sello, S. B.: “Flame Retardant Polymeric Materials”, Vol 1, Newyork 1975, 29.
- [98] Simon J.: “Addison The Functionalisation Of Wool By ris(Hydroxymethyl) PhosphineFor Metal Ion Recovery”, A Thesis Submitted in Partial Fulfilment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science in Chemistry At The University Of Waikato 2009.
- [99] Arobindo Chatterjee.; “B. L. Deopura.: “Thermal Stability of Polypropylene/Carbon Nanofiber Composite”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 100, (2006), 3574–3578.
- [100] Leslie A.: “White Preparation and Thermal Analysis of Cotton–Clay Nanocomposites”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 92, (2004), 2125–2131.
- [101] Kalın, M., B.: “Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 2008.

- [102] Randoux, J.-Cl.; Vanovervelt, H. Van den Bergen.; G. Camino.:  
 “Halogen-Free Flame Retardant Radiation Curable Coatings”, Progress in Organic Coatings, (2002) 281–289.
- [103] Jeffrey K. Stowell.; Charles Q. Yang.: “A Durable Low-Formaldehyde Flame Retardant Finish for Cotton Fabrics”, February (2003), 17-23.
- [104] Hribernik, S.; Smole, M. S.; Kleinschek, K.S.; Bele, M.; Jamnik, J.; Gaberscek, M.: “Flame Retardant Activity Of SiO<sub>2</sub>-Coated Regenerated Cellulose Fibres”, Polymer Degradation And Stability, (2007) 1957-1965.
- [105] Horrocks A.R.; M.Y. Wang.; Hall, M.E.; Sunmonu, F.; Pearson, J.S.; “Flame Retardant Textile Back-Coatings. Part 2. Effectiveness Of Phosphorus-Containing Flame Retardants In Textile Back-Coating Formulations”, Polymer International (2000) 1079-1091.
- [106] Giraud, S.; Bourbigot, S.; Rochery, M.; Vroman, I.; Tighzert, L.; Delobel, R.; Pouch, F.: “Flame Retarded Polyurea With Microencapsulated Ammonium Phosphate For Textile Coating”, Polymer Degradation and Stability, (2005) 106- 113.
- [107] Randoux, T.; Vanovervelt, J.-Cl.; Van den Bergen, H.; Camino, G.:  
 “Halogen-free flame retardant radiation curable coatings”, Progress in Organic Coatings (2002) 281–289.
- [108] Chen, X.; Hu, Y.; Jiao, C.; Song, Lei.: “Preparation And Thermal Properties Of A Novel Flame-Retardant Coating”, Polymer Degradation and Stability (2007) 1141-1150.
- [109] [http://www.ptli.com/testlopedia/subs/Oxygen\\_Index.asp](http://www.ptli.com/testlopedia/subs/Oxygen_Index.asp) 02.05.2011
- [110] TS 11162-1.; “Plastikler . Oksijen İndeksi İle Yanma Özelliklerinin Tayini. Bölüm 1 : Kılavuz”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye 2001
- [111] TS 11162-2; “Plastikler. Oksijen İndeksi İle Yanma Özelliklerinin Tayini. Bölüm 2 : Ortam Sıcaklığı Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye 2001.
- [112] TS 11162-3.; “Plastikler. Oksijen İndeksi İle Yanma Özelliklerinin Tayini. Bölüm 3 : Yüksek Sıcaklık Deneyi ”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye 2001.
- [113] ISO 4589.: “Plastics- Determination Of Flammability By Oxygen Index”, International Standart Organisation 1984.
- [114] BSI 2782.: “Plastics Part 1. Method 141 Determination Of Flammability By

- Oxygen Index”, British Standart Methods of testing 1984.
- [115] ASTM D 2863.: “Test Method For Measuring The Minimum Oxygen Concentration To Support Candlelike Combustion Of Plastics (Oxygen Index)”, 2005.
- [116] Togrul, T.: “İnstrümental Analiz”, Editör, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü*, (1995), 101-117.
- [117] Willard, H.H.; Merritt, L.L.; Dean, J.A.; Settle, F.A.: “Instrumental Methods Of analysis” Wadsworth Publishing Company; **1988**.
- [118] [http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/bro\\_pyris-1-tga.pdf](http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/bro_pyris-1-tga.pdf), 30.04.2011.
- [119] [http://www.deltamedarge.com.tr/cfiles/file/FTIR\\_Spektroskopisi.pdf](http://www.deltamedarge.com.tr/cfiles/file/FTIR_Spektroskopisi.pdf), 30.04.2011
- [120] [w3.balikesir.edu.tr/~ruhan/html/kimya/IR.pps](http://w3.balikesir.edu.tr/~ruhan/html/kimya/IR.pps), 30.04.2011.
- [121] Coates, J.: Interpretation Of Infrared Spectra, A Practical Approach, Encyclopedia Of Analytical Chemistr Yr.A. Meyers (Ed.) Page Chichester, (2000), 10815–10837.
- [122] [http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/bro\\_spotlight-400.pdf](http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/bro_spotlight-400.pdf)
- [123] TS EN ISO 13934.: “Tekstil-Kumaşlarının Gerilme Özellikleri-Bölüm 1: En Büyük Kuvvetin Ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın-Şerit Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü Ankara Türkiye Şubat **2002**.
- [124] ASTM D 5034.: “Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test) ”, 1995 Reapproved 2001.
- [125] ASTM D 5035.: “Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method) ”, 1995 (Reapproved 2003).
- [126] <http://www1.gantep.edu.tr/~e-tex-lab/mod/page/view.php?id=39>
- [127] Tekstil Kalite Kontrol Merkezi Müdürlüğü, Fiziksel Test Laboratuvarı, KOSGEB, İkitelli, 2011.
- [128] Horrocks, A.R.; Hall M.E., Seddon, H.: “The flammability of Lyocell”, Polymer Degradation and Stability, 1999.
- [129] Sanuki, H.; Yamaishia, K.; Inokoshi, N.; Members T.; “Flame Retardancy and Free Formaldehyde Content of Fabrics Finished with Pyrovatex CP”, The Journal Of The Textil Machinery Society Of Japan, Vol 30, **1977**.

- [130] Guan, J.; Yang, C.Q.; Chen, G.: “Formaldehyde-free flame retardant finishing of silk using a hydroxyl-functional organophosphorus oligomer”, *Polymer Degradation and Stability* (2009) 450–455.
- [131] Gaan, S.; Sun, G.: “Effect of phosphorus and nitrogen on flame retardant cellulose: A study of phosphorus compounds ”, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* (2007) 371–377,
- [132] Vynias, D.; Carr, C. M.: “Investigation into the Flame Retardant Properties of Soybean Fabric Treated with Sulphamic Acid”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 109, (2008), 3590–3595.
- [133] Gaan, S.; Sun, G.; “Effect Of Nitrogen Additives On Thermal Decomposition Of Cotton”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, (2009) 108–115.
- [134] Wu, W.; Yang C.Q.: “Comparation Of Different Reactive Organophosphorus Flame Retardant Agents For Cotton” *Polymer Degradation And Stability*, 2007.
- [135] Mostashari, S. M.; Moafi H. F.: “Flame-Retardancy Of A Cellulosic Fabric By The Application Of Synergistic Effect Between Ammonium Bromide And Antimony(III) Oxide”, *Chinese Journal of Chemistry*, 2009, 27, 489—493.
- [136] Yang, H.; Yang, C. Q.; He, Q.: “The Bonding Of A Hydroxy- Functional Organophosphorus Oligomer To Nylon Fabric Using The Formaldehyde Derivatives Of Urea And Melamine As The Bonding Agents”, *Polymer Degradation and Stability*, (2009) 1023–1031.
- [137] Abou-Okeil, A.; El-Shafie, A.; Hebeish, A.; “Chitosan Phosphate Induced Better Thermal Characteristics to Cotton Fabric”, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 103, (2007) 2021–2026.
- [138] Song, L.; Hu, Y.; Lin, Z.; Xuan, S.; Wang, S.; Chen, Z.; Fan, W.: “Preparation And Properties Of Halogen-Free Flame-Retarded Polyamide 6/Organoclay Nanocomposite”, *Polimer Degradation And Stability*, (2004), 535-540.
- [139] Lecoeur, E.; Vroman, I.; Bourbigot, S.; Lam, T.M.; Delobel, R.: “Flame Retardant formulations for cotton”, *Polimer Degradation and Stability*, (2001), 487- 492.
- [140] Xu, H.; Deng, X.: “Preparation And Properties Of Superfine Mg(OH)<sub>2</sub> Flame Retardant”, *Transactions Of Nonferrous Metals Society Of China*, (2006), 488-492.
- [141] Sain, M.; Park, S.H.; Suhara, F.; Law, S.: “Flame Retardant Mechanical Properties Of Natural Fibre-PP Composites Containing Magnesium

- Hydroxide”, *Polimer Degradation And Stability*, **(2004)**, 363-367.
- [142] Fernandes, V.J.; Araujo, A.S.; Fonseca, V.M.; Fernandes, N.S.; Silva, D.R.: “Thermogravimetric evaluation of poliester/sisal flame retarded composite”, *Thermochimica Acta*, **(2002)** 71-77.
- [143] Khas. H.: “Department of Textile Techology, Indian of Techology”, NewDelhi, India, **(1998)**, 222-289.
- [144] Kasih T.: “Poly(methyl methacrylate) Films Deposited via Non-Equilibrium Atmospheric Pressure Plasma Polymerization Using Argon as Working Gas”, *Plasma Process, Japan*, **(2007)**, 81-88.
- [145] Wu, X.; Yang, C.Q.; “Flame Retardant Finishing of Cotton Fleece Fabric. II. Inorganic Phosphorus-Containing Compounds”, 28 January **2008**.
- [146] Horrocks, A.R; Wang, M.Y.; Hall, M.E.; Sunmonu1, F.; Pearson, J.S.: “Flame retardant textile back-coatings. Part 2. Effectiveness of phosphorus-containing flame retardants in textile back-coating formulations”, *Society of Chemical Industry Polymer* (2000).

## **ÖZGEÇMİŞ**

B.Cenkut Gültekin 1968 yılında Ankara'da doğdu. Kabataş Erkek Lisesi'nden 1986 yılında mezun olduktan sonra 1989 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümünde yüksek öğrenimine devam etti. 1994 yılında Araştırma Görevlisi olarak aynı fakültede göreve başladı. 1996 yılında yüksek lisansını tamamladı. 2001 yılından itibaren aynı fakültede Öğretim Görevlisi olarak görevine devam etmektedir.