

PAMUKLU KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Doç. Dr. Asım DAVULCU

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38069, Türkiye,
adavulcu@erciyes.edu.tr

Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38069, Türkiye,
bahtiyari@erciyes.edu.tr

İpek GÜLEYÜPOĞLU

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 38069,
Türkiye, ipekguleyupoglu@hotmail.com

*Sorumlu Yazar: adavulcu@erciyes.edu.tr

ÖZET

Doğal ve sentetik liflerin birçok alanda kullanımı ile birlikte, yangın tehlikeleri artmakta, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Sanayileşmenin artması insanların güvenliği önemli bir konu haline gelmiştir. Yangınlardan dolayı ortaya çıkan can ve mal kaybını en aza indirmek için alınacak tedbirlerden biri de, yanmayan veya yanmayı geciktirici malzemelerin kullanımudur.

Bu çalışmada günlük hayatta sıkça kullandığımız dokuma pamuklu kumaşlar kullanılmıştır. Kumaşlara iki farklı güç tutuşurluk kimyasalları üç farklı konsantrasyonda applike edilmiştir. Kullanılan güç tutuşurluk kimyasallarından birisi tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılan inorganik fosfor içeren ticari tescilli güç tutuşurluk kimyasalıdır. Diğer güç tutuşurluk kimyasalı olarak genellikle tarım sektöründe gübre olarak kullanılan amonyum fosfat kullanılmıştır. İşlem görmüş kumaşların bir kısmına güç tutuşurluk özelliğine sahip binder kimyasalı ile üç farklı konsantrasyonda emdirilmiştir. Son olarak kumaşlar ayrı ayrı kaplama ve fiksator kimyasalları ile muamele edilmiştir. Kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının tipi ve konsantrasyonu, binder konsantrasyonu ile birlikte fiksator ve kaplama kimyasalı kullanımının pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. İşlem gören kumaşların yıkama öncesi ve yıkama sonrası LOI değerleri SPSS programı ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Güç tutuşurluk, Kaplama, Binder

AN INVESTIGATION ON ENHANCEMENT FLAME RETARDANCY PROPERTIES OF COTTON FABRICS

ABSTRACT

Natural and synthetic fibers are used in more areas. However fire hazards increase with the use of these fibers and cause the loss of life and goods. Owing to the progressive expansion of industrialization, the safety of human turned into an important subject. One of the precautions to minimize the loss of life and property caused by fires is the use of non-flammable or fire retardant materials.

In this study cotton woven fabrics, mostly preferred in daily life, were used. Two different flame retardant chemicals were treated to the fabrics with three different concentrations. One of the used flame retardant chemical is commercially available and commonly used in textile industry having inorganic phosphorus. The other flame retardant chemical is ammonium phosphate, which is generally used as fertilizer in the agricultural sector. Some of the treated fabrics were treated at three different concentrations of binder having flame-retardant property. Finally, the fabrics were individually treated with coating and fixating agents. It is aimed to investigate the effect of flame retardant chemical type and concentration, binder concentration, fixator and coating chemical on flame retardant properties of cotton fabrics. The LOI value of treated fabrics before washing and after washing is statistically evaluated by SPSS program.

Keywords: Cotton, Flame retardant, Coating, Binder

1.GİRİŞ

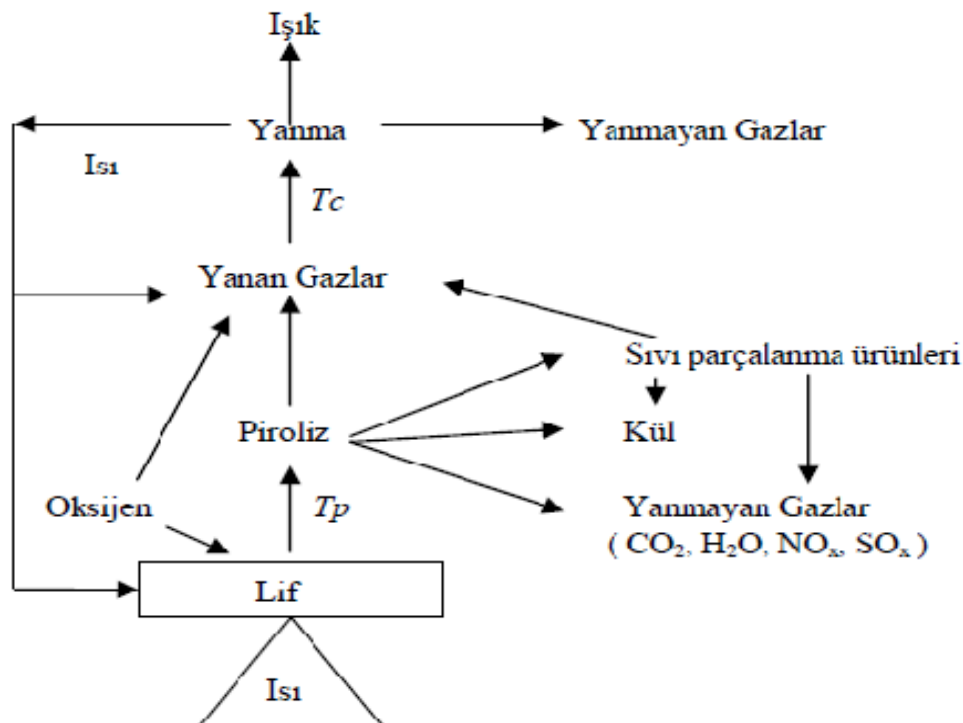
İnsanların giyinme ihtiyacı ilk defa kendisini insan olarak algılamaya ve ilkel aile toplumları halinde yaşamaya başladığı anda ortaya çıkmış olup, zamanla bu ihtiyacın yanında süslenme ve güzel görünme aracı olarak kullanım başlamıştır. Tekstil liflerinin giyim amacıyla kullanılması çok eski zamanlara dayansa da endüstriyel uygulamalarda, teknik kullanımlarda ve ev tekstilinde kullanımı her geçen gün artmaktadır [1].

Tekstil ürünleri başlangıçta sadece örtünmek için kullanılmakta olup, sonradan süslenme için, evde kullanılan birçok eşyada, savunma sanayinde, sağlık sektöründe vb birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır [2]. Günümüzde tekstil, her türlü tabii elyafların hazırlanması (sentetik ve cam elyafların

hazırlanması hariç) iplik haline getirilmesi, her tür iplikten dokuma yapılması, boyanması ve bitirme işlerine kadar geniş bir içeriğe sahiptir [3].

Tekstil ürünleri giyim, ev gibi hayatın her yerine girdiğinden ve yanıcı özelliği olması sebebiyle yangın olduğunda büyümesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tekstil ürünlerinin kullanımından vazgeçilemediğinden tekstil ürünlerine güç tutuşur özelliklerinin kazandırılması sağlanabilmektedir [4]. Yaklaşık 400 yıl önce kumaşlarda güç tutuşur özelliğın olması ya da kullanılan ürünlere güç tutuşurluk özelliğının sağlanması gerektiğı fark edilmiştir. Güç tutuşurluk özelliğıne sahip olan tekstillere en güzel örnek olarak Paris tiyatrolarında güç tutuşan kanvaslar ve Oxford’da raporlanan "Tutuşmayan Giysi” karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde ise yalnızca tiyatro perdeleri ya da giysileri değıl, hemen hemen her ürünün güç tutuşurluk özelliğıne sahip olması gerektiğı düşünölmüş ve bu yönde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır [5,6].

Yanma; ısı, oksijen ve uygun yakıt bileşenlerine ihtiyaç duyan ekzotermik bir reaksiyondur. Bu her üç durum sağlandığında yanma olayı meydana gelmektedir. Diğer şartlar ihmal edildiğinde, yanma kendi kendine katalizlenir duruma gelir ve oksijen, yakıt kaynağı veya ısı tüketilinceye kadar devam eder [7]. Şekil 1.3'te tekstil liflerinin yanma diyagramı verilmiştir.



Şekil 1. Tekstil lifleri için yanma döngüsü [7]

Tekstil malzemesinin üzerine etki eden ısı, fiziksel olduğu kadar kimyasal değişiklik de meydana getirmektedir. Termoplastik liflerde kimyasal değişiklik, termal parçalanmanın gerçekleştiği piroliz sıcaklığında (T_p) oluşmaktadır [8]. Ayrıca Termoplastik lifler, camlaşma noktasında (T_g) yumuşamakta ve erime noktasında da erimekte-dirler. Daha yüksek sıcaklıkta (T_p) hem termoplastik olan hem de termoplastik olmayan lifler, daha düşük molekül ağırlıklı kısımlar oluşturacak biçimde bozunurlar (piroliz) [9]. Kimyasal değişiklikler T_p 'de başlar ve yanma sıcaklığı (T_c)'na kadar devam eder. Liflerin alev direnci değerlendirilirken bu dört sıcaklık çok önemlidir. Değerlendirmede diğer önemli faktör ise LOI değeridir. LOI değeri, liflerin yanması için gerekli olan oksijen miktarıdır. Bazı lifler için bu parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bazı tekstil liflerinin camsı geçiş (T_g), erime (T_m), piroliz (T_p), yanma (T_c) sıcaklıkları ve Limit Oksijen İndeksi (LOI) değerleri [10]

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
Polyester	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

Piroliz yavaş olduğunda yanıcı gaz karışımı meydana gelmezken, sıcaklık arttığında piroliz hızı da artmakta ve yanıcı gaz karışımı meydana gelmektedir. Bu durumda bir kıvılcımla kendiliğinden tutuşma gerçekleşmektedir. Piroliz reaksiyonu sonunda ortaya çıkan ürünler aşağıda belirtilmektedir [5];

Tekstilde Güç Tutuşurluk Kazandırma Yöntemleri

Güç tutuşurluk İngilizce Flame Retardancy (FR), Türkçe alev geciktirici olarak tanımlanmaktadır. Tekstilde güç tutuşur olanlar, aleve ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşmayan, tutuşsa da kendi kendine sönen tekstillerdir [4].

Tekstil güç tutuşurluk dört farklı yöntemle sağlanmaktadır [7,11]:

- 1. Yöntem:** Yapısı itibariyle güç tutuşan ya da ısıl dirençli liflerin kullanılmasıdır. Güç tutuşan lifler (Kevlar, Nomex, PTFE, PVC). Isıl dirençli lifler inorganik yapılarından dolayı yanmaya dirençli olan liflerdir (Cam, Asbest, Silisyum dioksit, Alüminyum oksit).
- 2. Yöntem:** Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesidir (Trevira CS, Saran, Velicren). Kimyasal modifikasyon, polimerin bazı kimyasallarla reaksiyona girerek güç tutuşan ürüne dönüşmesidir. Kopolimerizasyon işleminde, klor gibi güç tutuşma sağlayıcı elementlerden birini içeren bir monomer, ikinci bir monomer ile polimerleşerek kopolimer oluşturur Böylece, güç tutuşma sağlayan element, polimerin zincir yapısında yer alır ve polimer, yapısı itibariyle güç tutuşur hale gelir. Bu yöntemle örnek olarak güç tutuşur akrilik/modakrilik, FR viskoz, FR PES, FR Nylon, FR yün, Durvil ve Karvin lifleri verilir.
- 3. Yöntem:** Sentetik polimerlere lif çekimi esnasında güç tutuşma sağlayıcı kimyasalların ilave edilmesidir (FR Viskoz, Visil, Fidion FR). Bu güç tutuşma sağlayıcı kimyasallar, organik fosfor bileşiklerini ve antimon oksit ile birlikte organik halojen bileşiklerini içermektedirler. İnorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise hidratlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Etkin bir güç tutuşurluk elde edebilmek için kullanılan güç tutuşur maddenin bozunma sıcaklığının, polimerin bozunma sıcaklığına yakın olması gerekir. Bu tip işlemde geçen sentetiklere örnek olarak akrilik, poliamid ve polyester lifleri verilebilir.
- 4. Yöntem:** Kumaşın güç tutuşma sağlayan kimyasallar ile muamele edilmesidir. Bunun için kullanılan dört farklı metot vardır.
 - Çoğu dayanıksız ve amonyum fosfat gibi suda çözünebilen kimyasal maddelerle uygulanan basit bir emdirme-kurutma tekniğidir.

- Kırışmaya karşı direnç ya da diğer ısıyla iyileştirme yapılan tekstil terbiye işlemleri için uygulanan bir tekniktir. Güç tutuşurluk eldesinde kullanılan Pyrovatex, Afflamit ve Antiblaze TFR1 gibi fosfonamit sistemlerinin uygulanması için çok uygun bir metottur.
- Terbiye maddesinin lifle polimerizasyonunun sağlanması için amonyak gazı ile iyileştirme işleminin yapılmasını gerektiren THPC (Tetrakis (hidroksimetil) fosfonyum klorit) esaslı Proban işlemi için en uygun işlem akışıdır. Terbiye işleminin dayanıklılığını ve stabilitesini arttırmak için son yıkama ve kurutma işlemlerinden önce uygulanmalıdır.
- Kaplama işlemi uygulanarak, güç tutuşurluk maddesi bir bağlanma patı ile kumaşın arka yüzeyine aktarılır. Bu şekilde kumaşın ön yüzünün estetik görünümü korunmuş olur. Bu yöntem genellikle döşemelik kumaşların terbiye işlemi için tercih edilmektedir.

2.METERYAL METOT

2.1.Meteryal

Çalışma kapsamında yapılan deneylerde özellikle nevresim ve benzeri ev tekstillerinin üretiminde kullanılan %100 pamuk dokuma kumaş kullanılmıştır.

A Güç Tutuşurluk Kimyasalı: Yıkamaya dayanıksız sinerjik yapıda inorganik fosfor katkılı suda çözünebilen ticari tescilli güç tutuşurluk kimyasalı.

B Güç Tutuşurluk Kimyasalı (Amonyum Fosfat): Vesper kimya'dan temin edilen katı formda %99 safsızlıktadır. Genel olarak tarım sektöründe gübre amaçlı kullanılan bir kimyasaldır.

Deneysel çalışma için güç tutuşurluk kimyasallarının her biri üç farklı konsantrasyonda uygulanmıştır.

Binder: Bir ince parçacık boyutlu, sulu dispersiyondur. Düşük formaldehit miktarı ile vinil klorür ve etilen plastikleştirici içermeyen, gerilme direnci yaklaşık $5N/mm^2$ olan. Güç tutuşurluk kimyasalı ile birlikte kullanılarak güç tutuşurluk kimyasalının yıkamaya dayanıklılığı artırılması hedeflenmiştir. Yıkama dayanımına etkisinin olup olmadığının araştırılabilmesi için binder %10, %20 ve %30 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda uygulanmıştır.

Kaplama Kimyasalı: Vinil klorid ve etilen esaslı capraz bağ oluşturabilen plastikleştirici kimyasal içermeyen beyaz sıvı kimyasal. Güç tutuşurluk kimyasallarının yıkama dayanımı özelliklerini

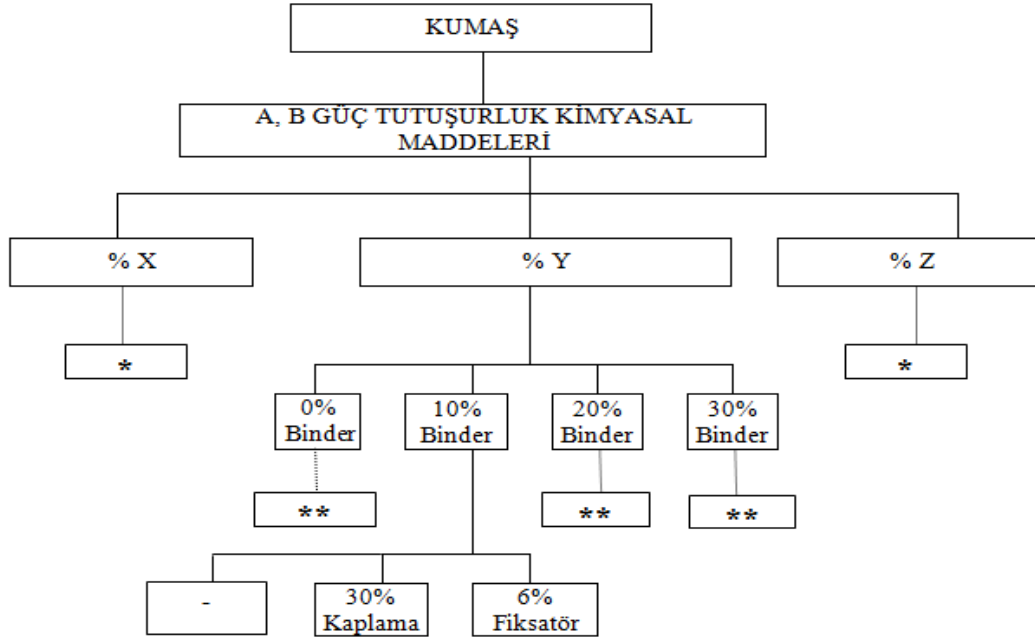
iyileştirebilmek için kendi kendine çapraz bağlanabilme özelliğine sahip su bazlı akrilik ester dispersiyonu kaplama kimyasalı kullanılmıştır.

Fiksator: Aromatik grupların polikondenzasyonundan elde edilmiş asidik ortama dayanıklı kimyasal. Kumaş yüzeyini bir sır tabakası gibi kaplarlar ve kumaş üzerindeki boya veya kimyasalın suya geçmesine engel olurlar. Güç tutuşurluk kimyasalı ile birlikte kullanılmıştır. Yıkama esnasında güç tutuşurluk kimyasalının kumaş üzerinde kalması amaçlanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Numunelerin Hazırlanması

%100 Pamuklu kumaşlara Şekil 2’de görüldüğü gibi A ve B güç tutuşurluk kimyasalları üç farklı konsantrasyonda (%10-40 olacak şekilde) aplike edilmiştir. Daha sonra bu kumaşların bir kısmı yıkanmak üzere ayrılmış diğer kısmına güç tutuşurluk özelliğine sahip binder kimyasalı üç farklı konsantrasyonda emdirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda binder uygulanmış ve sadece güç tutuşurluk kimyasalı uygulanmış (Şekil 2’de %0 binder olarak gösterilen) kumaşlar ayrı ayrı kaplama ve fiksator kimyasalları ile muamele edilmiştir. Bu şekilde güç tutuşurluk kimyasallarının konsantrasyon farklılıklarının, binder kullanımının ve kullanılan binder konsantrasyonunun ayrıca fiksator ve kaplama kimyasalı kullanımının pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.



* %Y'ye uygulanan işlemler aynı şekilde bu kimyasallar için de uygulanmıştır.

** %10 binder'e uygulanan işlemler aynı şekilde bu kimyasallara da uygulanmıştır.

Şekil 2. Numunelerin hazırlanma aşamalarının şematik olarak gösterimi

2.2.2. Kimyasalların Kumaşa Aplikasyonu

A güç tutuşurluk kimyasalı üç farklı konsantrasyonda (%20, %30, %40) ve B güç tutuşurluk kimyasalı 3 farklı konsantrasyonda (%10, %20, %30) Thermal marka A42945T model dikey fulard cihazında %100 flotte alacak şekilde emdirme işlemi uygulanmıştır. Emdirilen kumaşlar etüvde 160°C'de 3 dakika kurutularak kondenzasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama dayanımları düşük olması nedeniyle güç tutuşur kimyasalının yıkama esnasında kumaştan uzaklaşarak banyoya geçişini önlemek için binder, fiksator ve kaplama özelliğine sahip kimyasallarla işlemler yapılmıştır. Bu kimyasallar %100 flotte alacak şekilde emdirme yöntemine göre laboratuvar tipi fulard makinesinde applike edilmiştir. Etüvde 160 °C 'de 3 dakika olarak kondenzasyon işlemi yapılmıştır. Apreli numunelerin yanma testinden önce yıkama dayanımını belirlemek amacıyla numunelerin yarısı TS EN ISO 6330 standardındaki standart deterjan kullanılarak 30°C'de 5 tekrarlı olarak yıkanmıştır. Yıkama işleminde SDL Atlas marka yıkama haslığı test cihazı kullanılmıştır. Yıkama testi olarak LOI testi kullanılmıştır. LOI testi TS11162-1, TS 11162-3, ISO 4589'a göre yapılmıştır. LOI kısa ismiyle limit oksijen indeksinin belirlenmesini sağlayan bu test yöntemi ile materyallerin azot ve oksijen karışımının

oluşturduğu bir ortamda üstten tutuşturulup alta doğru sönmeden yandığı en düşük oksijen konsantrasyonu ölçülür.

2.2.3. Sonuçların İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi

Tüm deney sonuçları SPSS 20 istatistik programı kullanılarak Tukey çoklu karşılaştırma analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir. SPSS programı, varyans analizi amacıyla geliştirilmiş temel ve ileri istatistiksel yöntemleri içeren bir paket programıdır. Varyans analizi iki yada daha fazla ortalama arasında fark olup olmadığını anlamak için kullanılır. Varyans analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerden bahsedilir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerine etkisi araştırılmaktadır. Varyans analizi sonucu ANOVA tablosu oluşturulur. ANOVA tablosundaki anlamlılık değeri $>0,05$ ise gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı ve $<0,05$ olduğu durumda gruplar arasında incelenen özellik bakımından anlamlı bir fark olduğu değerlendirilmektedir. Gruplar arasında anlamlı bir fark var ise bu farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için post hoc testi kullanılır.

Bu çalışmada bağımlı değişken yanmazlık testinin sonucu olan LOI değeridir. Bağımsız değişkenler ise kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının konsantrasyonu, binder konsantrasyonu ve aplikasyon türüdür. Sonuçların irdelenmesi için çeşitli modeller kurulmuş ve $\alpha=0,05$ anlamlılık seviyesinde F testleri yapılmıştır. Öncelikle ANOVA tablosu incelenmiştir. Daha sonra post hoc test sonucu incelenerek yorumlanmıştır. İstatistiksel değerlendirmede programa veri girişinde kısaltmalar kullanılmıştır. Kullanılan kısaltmalar aşağıda belirtilmiştir.

KT: Kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının tipi

KK: Kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının konsantrasyonu

AT: Aplikasyon türü (-, fiksatorlü veya kaplamalı)

(" – " Fiksator veya kaplama uygulanmamış numuneleri temsil etmektedir.)

BK: Binder konsantrasyonu

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Limit Oksijen İndeksi (LOI) Testine Ait Bulgular

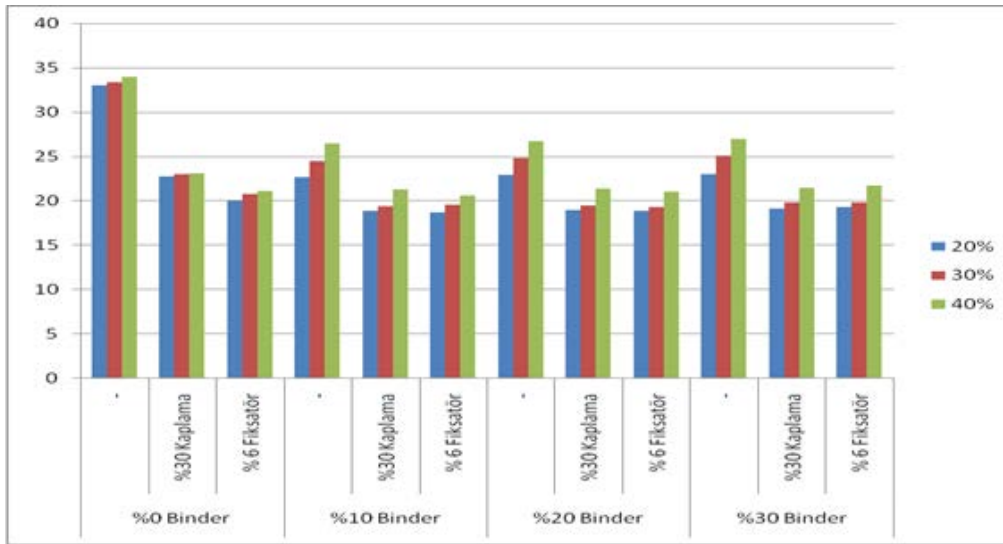
3.1. Numunelerin Yıkama Öncesi LOI Değerleri

Şekil 2’de belirtilen aşamalara göre hazırlanan numunelere TS 11162-1, TS 11162-3 ve ISO 4589’a göre yanma testleri yapılmış ve kumaşların LOI değerleri tespit edilmiştir. Kullanılan güç tutuşurluk kimyasalının konsantrasyonunun, binder konsantrasyonunun, aplikasyon türünün ve güç tutuşurluk kimyasal tipinin LOI değerleri üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla sonuçlar ANOVA tablosu ve posthoc test üzerinden yorumlanmıştır.

3.1.1. A Güç Tutuşurluk Kimyasalı Yıkama Öncesi Numunelerin LOI Değerleri

A kimyasalı ile yapılan çalışmalarda güç tutuşur kimyasal konsantrasyonu artışı ile LOİ değerlerinde artış görülmüştür. Binder kullanılmadan yapılan çalışmada LOİ değerleri en yüksek çıkmıştır. Kaplama ve fiksator ile işlem yapılması durumunda ise LOİ değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Şekil 3). Binder , kaplama ve fiksator kimyasalları organik bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin yanıcı olma özellikleri LOİ değerlerindeki azalmanın nedeni olarak söylenebilir.

80



Şekil 3. Yıkama öncesi A kimyasalı ile yapılan çalışma sonrası LOI değerleri

ANOVA tablosunda F değeri faktörün önem derecesini göstermektedir. F değerinin yüksek olması faktörün etkisinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 2. A kimyasalı ile yapılan çalışmalarda konular arası etkileşim testi ANOVA tablosu (Yıkama öncesi)

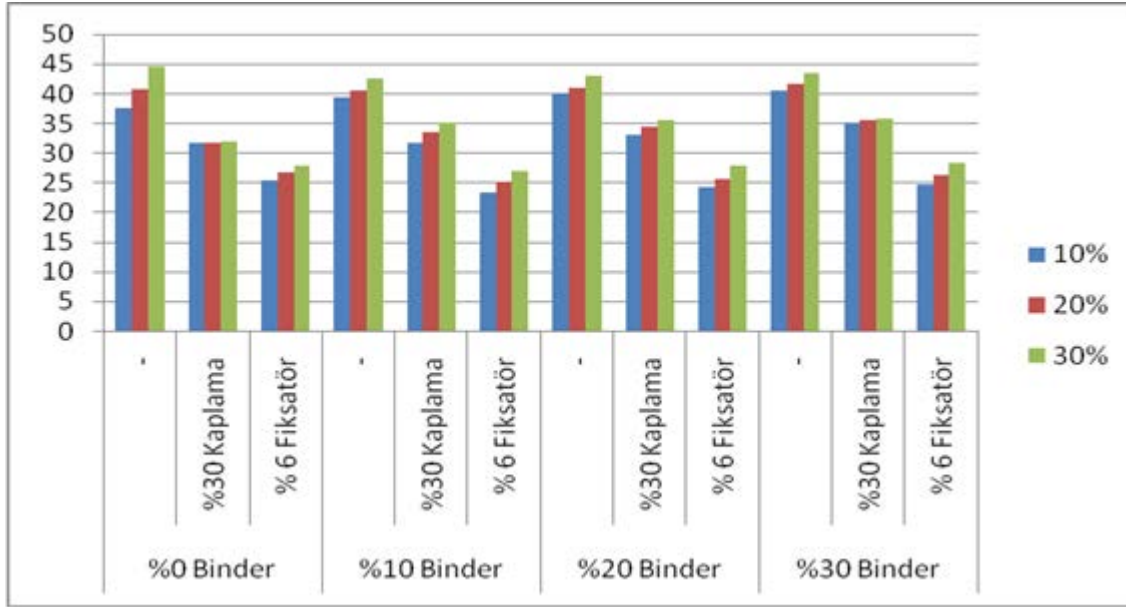
Kaynak	Kareler Toplamı	Df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık derecesi
Corrected Model	1743,310	35	49,809	549,475	0,000
Intercept	55134,963	1	55134,963	608230,443	0,000
KK	97,744	2	48,872	539,139	0,000
BK	350,066	3	116,689	1287,271	0,000
AT	1046,784	2	523,392	5773,885	0,000
KK * BK	14,978	6	2,496	27,538	0,000
KK * AT	7,202	4	1,801	19,863	0,000
BK * AT	223,809	6	37,301	411,497	0,000
Hata	6,527	72	0,091		
Toplam	56884,800	108			
Doğrulanmış Toplam	1749,837	107			

R Squared = ,996 (Adjusted R Squared = ,994)

A kimyasalının yıkama öncesi LOI değerlerinin istatistiki değerlendirmesinde ANOVA tablosunda F değerlerine bakıldığında LOI değerleri için en önemli faktörün aplikasyon türü olduğu görülmektedir. Aplikasyon türünden sonra ikinci etkili faktör binder konsantrasyonudur ve en az etkili faktör ise kimyasal konsantrasyonu olduğu görülmüştür. (Tablo 2)

3.1.2. B Güç Tutuşurluk Kimyasalı Yıkama Öncesi Numunelerin LOI Değerleri

Kullanılan B kimyasalının konsantrasyonu arttıkça kumaşların LOI değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Kimyasal konsantrasyonu %10 olması durumunda en düşük LOI değeri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan en yüksek kimyasal konsantrasyonu olan %30 konsantrasyonda, kumaşın LOI değerleri 35,081-35,269 aralığındadır (Şekil 4).



Şekil 4. Yıkama öncesi B kimyasalı ile yapılan çalışma sonrası LOI değerleri

B kimyasalının yıkama öncesi LOI değerlerinin istatistiki değerlendirmesinde ANOVA tablosu LOI değeri için F değerlerine bakıldığında en önemli faktörün aplikasyon türü olduğu görülmektedir. Aplikasyon türünden sonra ikinci etkili faktör kimyasal konsantrasyonudur. LOI değerine en az etkili faktör ise binder konsantrasyonudur (Tablo 3).

Tablo 3. B kimyasalı ile yapılan çalışmalarda konular arası etkileşim testi ANOVA tablosu (Yıkama öncesi)

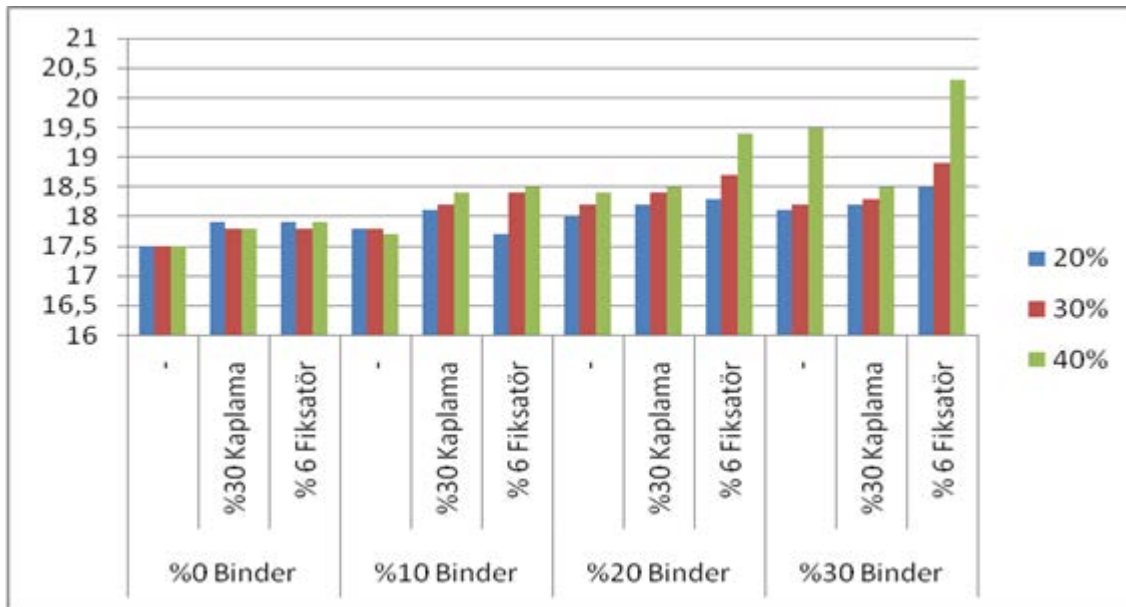
Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık derecesi
Corrected Model	4480,843	35	128,024	819,111	0,000
Intercept	122526,493	1	122526,493	783937,280	0,000
KK	153,923	2	76,961	492,408	0,000
BK	36,545	3	12,182	77,939	0,000
AT	4196,465	2	2098,233	13424,711	0,000
KK*BK	5,384	6	0,897	5,742	0,000
KK*AT	16,668	4	4,167	26,660	0,000
BK*AT	46,662	6	7,777	49,758	0,000
Hata	11,253	72	0,156		
Toplam	127018,590	108			
Doğrulanmış Toplam	4492,097	107			

3.2. Numunelerin Yıkama Sonrası LOI Değerleri

Şekil 2’de belirtilen aşamalara göre hazırlanan numunelerde elde edilen güç tutuşurluk etkisinin yıkama dayanımını belirlemek amacıyla her bir numune TS 6330 standardında belirtilen deterjan ile 30°C’de 5 tekrarlı olarak yıkanmıştır. Yıkama sonrası TS 11162-1, TS 11162-3 ve ISO 4589’a göre yanma testleri yapılmış ve kumaşların LOI değerleri tespit edilmiştir. Sonuçlar ANOVA tablosu ve posthoc test sonucu incelenerek yorumlanmıştır.

3.2.1. A Güç Tutuşurluk Kimyasalı Yıkama Sonrası Numunelerin LOI Değerleri

Yıkama sonrası sadece A kimyasalı içeren kumaşların LOI değerlerinde yaklaşık %50 azalma olduğu görülmüştür. Bu azalma bu kimyasalın yıkama dayanımının çok düşük olduğu şeklinde yorumlanabilir. A kimyasalının konsantrasyonunun artması yıkama sonrası LOI değerlerinde artışa neden olmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. A kimyasalı ile yapılan çalışmada yıkama sonrası LOI değerleri

Yıkama sonrası binder, kaplama ve fiksator kullanımı ile LOI değerlerinde artış sağlanmıştır. Bu artış güç tutuşurluk kimyasalının yıkama işlemi sonunda banyoya geçiş miktarındaki azalmasından kaynaklanmaktadır.

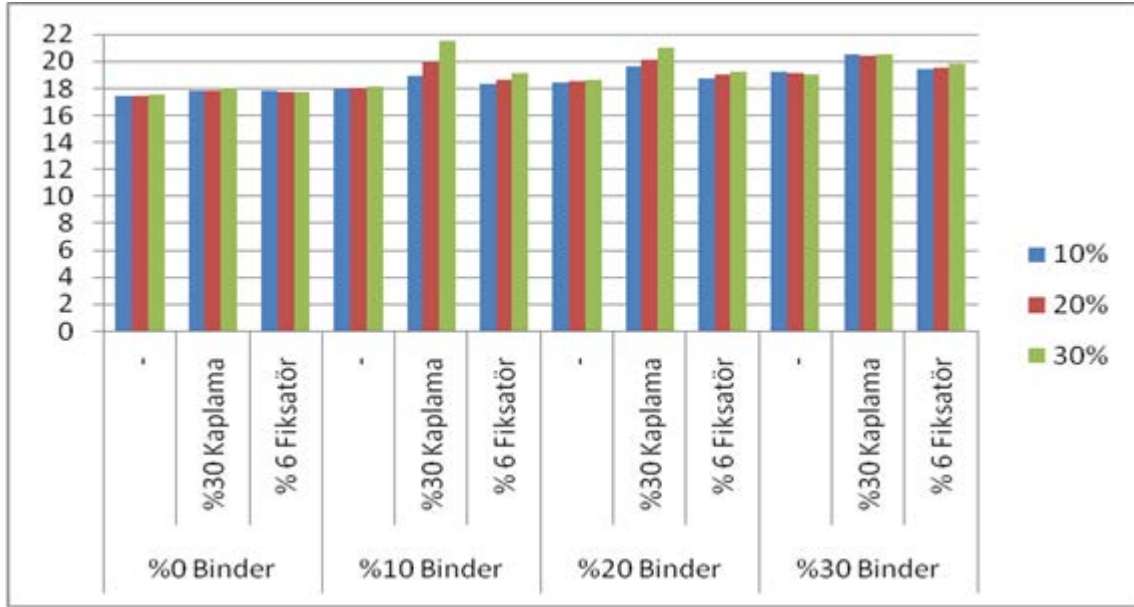
Tablo 4. A kimyasalı yıkama sonrası konular arası etkileşim testi-ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık derecesi
Corrected Model	36,263	35	1,036	22,651	,000
Intercept	35926,963	1	35926,963	785447,781	,000
KK	5,336	2	2,668	58,324	,000
BK	16,066	3	5,355	117,082	,000
AT	4,244	2	2,122	46,391	,000
KK * BK	4,293	6	,715	15,641	,000
KK * AT	1,576	4	,394	8,611	,000
BK * AT	3,015	6	,503	10,987	,000
Hata	3,293	72	,046		
Toplam	35966,520	108			
Doğrulanmış Toplam	39,557	107			

A kimyasalının yıkama sonrası LOI değerlerinin istatistiki değerlendirmesinde Tablo 4 ANOVA tablosu sonuçları incelendiği zaman LOI değeri için F değerlerine bakıldığında en önemli faktörün binder konsantrasyonu olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Binder konsantrasyonundan sonra ikinci derece önemli olan faktör ise güç tutuşurluk kimyasalı konsantrasyonudur. Bunları üçüncü olarak aplikasyon türü takip etmektedir.

3.2.2. B Güç Tutuşurluk Kimyasalı Yıkama Sonrası Numunelerin LOI Değerleri

B kimyasalı içeren numunelerin yıkama sonrası LOI değerlerinde yaklaşık % 55 kadar azalma görülmüştür (Şekil 6). Bu azalmanın sebebi, B güç tutuşurluk kimyasalının yıkama dayanımının çok düşük olması şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 6. B kimyasalı ile yapılan çalışmada yıkama sonrası LOI değerleri

Tablo 5. D kimyasalı yıkama sonrası LOI değerleri ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık derecesi
Corrected Model	121,568	35	3,473	108,105	0,000
Intercept	38461,589	1	38461,589	1197075,392	0,000
KK	4,847	2	2,424	75,435	0,000
BK	60,508	3	20,169	627,753	0,000
AT	37,747	2	18,873	587,415	0,000
KK * BK	4,350	6	0,725	22,563	0,000
KK * AT	2,919	4	0,730	22,715	0,000
BK * AT	7,590	6	1,265	39,373	0,000
Hata	2,313	72	0,032		
Toplam	38585,470	108			
Doğrulanmış Toplam	123,881	107			

Yıkama sonrası LOI değerlerinin istatistiki değerlendirmesinde Tablo 5’de bulunan ANOVA Tablosu incelendiğinde LOI değeri için F değerlerine bakıldığında en önemli faktörün binder konsantrasyonu olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Binder konsantrasyonundan sonra ikinci derece önemli aplikasyon türüdür. Bunları üçüncü olarak kimyasal konsantrasyonu takip etmektedir. Binder B güç tutuşur

kimyasalın yıkama işleminde banyoya geçişini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu kimyasalın fiyatının A kimyasalının fiyatının %1'i kadar olmasına içinde yakın çıkmıştır.

Kullanılan kimyasal konsantrasyonunun yıkama sonrası LOI değeri üzerine etkisi sınırlıdır. Ancak sınırlı da olsa LOI değerlerinde artış görülmüştür. Tablo 4.40 incelendiğinde en düşük LOI değeri %10 kimyasal konsantrasyonundaki numunelerde görülmektedir. En yüksek LOI değeri %30 kimyasal konsantrasyonundaki kumaşlarda elde edilmiştir.

rağmen yıkama sonrası elde edilen LOI değerleri her iki kimyasal

4- SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında; yıkama öncesinde ticari tescilli olarak satılan A güç tutuşurluk kimyasalı ile elde edilen güç tutuşurluk özellikleri ticari tescilli olmayan amonyum fosfat kimyasalına yakın sonuçlar vermiştir. Amonyum fosfatın fiyatının A kimyasalının yaklaşık %1'i kadardır. A kimyasalının kumaşta sararmaya neden olmaması B kimyasalının ise kumaşta sararma meydana getirme durumu göz önünde bulundurulduğunda özellikle koyu renkli kumaşlarda B kimyasalının kullanımı önerilmektedir. Binder, kaplama ve fiksator güç tutuşur kimyasalların yıkama dayanımını artırmaktadır. A ve B güç tutuşurluk kimyasallarının yıkama dayanımına en büyük katkı binder ile sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma FYL-2016-6124 no'lu Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir.

REFERANSLAR

1. Babaoğlu, M., Şener, A., Öztop, H., 2010. Tekstil lifleri temel özellikler, kullanım ve bakım. Ankara: Gazi Kitabevi.
2. Balcı, H., 2006. Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apret ve Performans Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 271 s.

3. Eraslan, i. H., Bakan, İ., Kuyucu, A. D. H., 2008. Türk tekstil ve hazır giyim sektörünün uluslararası rekabetçilik düzeyinin analizi. **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 7 (13): 265-300.
4. Kalın, M. B., 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 98 s.
5. Günsal, Ç., 2007. Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 196 s.
6. Çelebi, K., 2009. Poliester Örme Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 96 s.
7. Ömeroğulları, Z., Kut, D., 2012. Tekstilde güç tutuşurluk. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 12 (1): 27-41.
8. Horrocks, A. R., Anand, S. C., 2000. Handbook of Technical Textiles. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, 542 p.
9. Akşit, A. C., Mutlu, M., Kutlu, B., 2009. Sentetik ve Doğal Liflerin Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Plazma Teknolojisi Kullanılarak Geliştirilmesi. Proje No: 105M099. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 138 s.
10. Tomasino, C., 1992. Chemistry and Technology of Fabric Preparation and Finishing. Department of Textile Engineering, Chemistry and Science College of Textiles North Carolina State University Raleigh, North Carolina, 268 p.
11. Kesimci, M. O., 2009. Dref 2000 Friksiyon İplik Makinesinde Trevira Lifleri İle Güç Tutuşur Özelliğe Sahip İplik Üretimi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 61 s.