

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAPLAMALI POLYESTER TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GÜÇ TUTUŞURLUK
ÖZELLİKLERİNİN BUĞDAY KAPÇIĞI KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadriye KUTLAY

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

MART 2020

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAPLAMALI POLYESTER TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GÜÇ TUTUŞURLUK
ÖZELLİKLERİNİN BUĞDAY KAPÇIĞI KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kadriye KUTLAY
(171080901)**

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kenan YILDIRIM

MART 2020

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 171080901 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Kadriye KUTLAY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KAPLAMALI POLYESTER TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN BUĞDAY KAPÇIĞI KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kenan YILDIRIM**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç.Dr.Yakup Aykut**
Uludağ Üniversitesi

Dr.Pınar Terzioğlu
Bursa Teknik Üniversitesi

Savunma Tarihi : **16.03.2020**

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Kadriye KUTLAY

İmzası

X X X X

ÖNSÖZ

Bu çalışmada doğal bir malzeme olan buğday kapçığının farklı boyutlarda öğütülmüş granüllerinin çeşitli kaplama reçetelerine eklenerek polyester tekstil yüzeylerinin güç tutuşurluğuna etkisi incelenmiştir.

Tez çalışmam boyunca tecrübesini ve desteğini benden esirgemeyen , istediğim her an değerli vaktini benim için ayıran ve beni motive eden danışman hocam Prof.Dr.Kenan YILDIRIM`a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansa başladığım günden itibaren hem zamanımı hem de fabrika imkanlarını hiçbir kısıtlama olmadan istediğim gibi kullanmama izin veren, 16 yıldır çalışanları olmaktan büyük mutluluk duyduğum Berteks AŞ.`nin değerli Yönetim Kurulu Üyeleri Berk Noyan , Murat Erdebil , Burcu Erdebil ve Ersin Erdebil`e; yüksek lisansa başlama sürecimde beni motive eden ve kendime inanmamı sağlayan değerli Ür-Ge Müdürümüz Nazan Taş ve çizimlerde bana yardımcı olan Ür-ge tasarımcımız Sakıp Başaran`a; başta Kaplama Müdürümüz Derya Yılmaz olmak üzere tüm Kaplama Laboratuvarı ekibine, testlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Fizik Laboratuvarı ekibine , buğday kapçığının ayıklanması ve öğütme aşamasında bana yardımcı olan sevgili yeğenim Serhat Kutlay`a , yine aynı konularda yardım eden Selin Milletsever ve Şengül Çetinalp`e , burada isimlerini tek tek yazamadığım maddi ve manevi destek olan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim , hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de her zaman yanımda olan , yoğun çalışma zamanlarıma sabreden ilerleyen yaşına rağmen yükümü hafifletmek için uğraşan sevgili anneme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart, 2020

Kadriye Kutlay

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Hipotez	3
1.2 Buğday	4
1.2.1 Dünyada buğday üretimi	4
1.2.2 Türkiye`de buğday üretimi.....	5
1.3 Sentetik Tekstil Ürünlerinde Yanma	8
1.3.1 Tekstil liflerinin yanma mekanizması	11
1.3.2 Yanma sırasında alev geciktirici kimyasalların etki ettiği alanlar	12
1.3.3 Geçmişten günümüze kullanılan güç tutuşurluk kimyasalları	14
1.3.4 Güç tutuşurlukla ilgili geleceğin trendleri	18
1.4 Tekstil Ürünlerine Yönelik Güç Tutuşurluk Testleri	19
1.5 Tekstilde Kaplama.....	19
1.6 Literatür Araştırması	23
2. MATERYAL VE METOD	29
2.1 Materyal	29
2.1.1 Kumaş özellikleri	29
2.1.2 Kullanılan buğday kapçığı	30
2.1.3 Farklı boyutlarda öğütülmüş kapçık eldesinde kullanılan cihazlar	30
2.1.4 Kaplama patı hazırlama , ve kaplama işleminde kullanılan kimyasal ve cihazlar	30
2.1.5 TGA analizi	32
2.1.6 Güç tutuşurluk testleri	32
2.2 Metod	33
2.2.1 Öğütülmüş buğday eldesi	33
2.2.1.1 Buğdayın toplanması.....	33
2.2.1.2 Buğdayın ezilmesi	34
2.2.1.3 Tane ve kapçığın kaba ayrımı	34
2.2.1.4 Kapçığın ayıklanması	34
2.2.1.5 Kapçığın öğütülmesi	35
2.2.1.6 Öğütülmüş kapçığın boyutlarına göre elenmesi	35

2.2.1.7 Kaplama patı hazırlanması	36
2.2.1.8 Kaplama işleminin yapılması	37
2.2.2 Güç tutuşurluk testleri	38
2.2.2.1 Fransız M1 yanmazlık testi	38
2.2.2.2 NF P 92 503 - 5 mm.den ince esnek malzemeler için elektrikli yakıcı test metodu	39
2.2.2.3 NF P 92 504 - Sert bir yüzeye yapıştırılması amaçlanmayan malzemeler için alev yayılma hızı test metodu	40
2.2.2.4 NF P 92-505: Eriyen malzemeler için kullanılan elektrikli ısıtıcı damlama test metodu.....	40
2.2.2.5 Tekstil malzemeleri için NF P 92 503-504 ve 505 test sonuçlarına göre sınıflandırmanın yapılması.....	41
2.2.3.6 IMO FTP Code Part 7 test metodu.....	41
2.2.3.7 ISO 15025 Koruyucu giysiler – Alev karşı koruma – Sınırlı alev yayılmı için test metodu	43
3. SONUÇLAR	46
4. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	62

KISALTMALAR

2,4-DCP	:2,4-diklorofenol
ATH	:Alüminyum tri hidrat
BTCA	:Bütan tetra karboksilik asit
DNA	:Deoksiribo Nükleik Asit
DOPO	:9,10-Dihidro-9-Oksa-10 Fosfafenantren-10-Oksit
DSC	:Diferansiyel taramalı kolorimetre
EVA	:Etilen vinil asetat
FAO	:Food and Ugriculture Organization of United Nations
FR	:Fire retardant
FTP	:Fire Testing Procedure
IMO	:International Maritime Organization
LOI	:Limit Oksijen İndeksi
N-MDMPA	:N-metilol dimetil fosfonopropionamid
NNSC	:Nano ağ yapılı karbon
PA	:Fitik asit
PEEK	:Polietereeterketon
PTFE	:Politetrafloroetilen , Teflon
PU	:Poliüretan
PVC	:Polivinil Klorür
REACH	:Registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals
RNA	:Ribo Nükleik Asit
Rpm	:Bir dakikadaki devir sayısı
SBR	:Stiren bütadien kauçuk
SVHC	:Substances of very high concern list
TGA	:Termogravimetrik analiz
THPX	:Tetrakis (hidroksimetil) fosfonyum tuzu
USDA	:United States Department of Ugriculture

SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat dereede
μm	: Mikrometre
Tc	: Tutuşma ve alevli yanmanın başlama sıcaklığı
Td	: Parçalanma ya da piroliz sıcaklığı
Tg	: Camsı geçiş sıcaklığı
Tm	: Erime sıcaklığı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Buğday kapçığı LOI ölçüm sonuçları	4
Çizelge 1.2: Buğday üretiminde lider ülkeler (Milyon Ton).....	5
Çizelge 1.3: Türkiye`de üretilen bazı tarla bitkilerinin üretim tonajı ve ekim alanı bilgileri	6
Çizelge 1.4: Çin`de toplanan buğday kapçığının yaklaşık içeriği	6
Çizelge 1.5: Çin`de toplanan buğday kapçığının ön işlem sonrası analiz sonuçları ...	6
Çizelge 1.6: Almanya`da toplanmış buğday kapçığının kimyasal ve elementel içeriği	7
Çizelge 1.7: Bazı doğal ve sentetik polimer liflerinin kritik sıcaklıkları ve LOI değerleri	10
Çizelge 1.8: Tekstil sektöründe kullanılan bazı kaplama malzemeleri	22
Çizelge 2.1: Kaplama denemelerinde kullanılan kumaşın özellikleri	29
Çizelge 2.2: Fantezi ipliklerin içerikleri	29
Çizelge 2.3: Farklı boyutta kapçık eldesinde kullanılan cihazlar	30
Çizelge 2.4: Kaplama patında kullanılan kimyasallar	31
Çizelge 2.5: Kaplama patında katkı olarak kullanılan nanokimyasallar	31
Çizelge 2.6: Kaplama işleminde kullanılan laboratuvar cihazları	32
Çizelge 2.7: Güç tutuşurluk testlerinde kullanılan cihazlar	32
Çizelge 2.8: Baskı patında kullanılan kimyasalların oranları	36
Çizelge 2.9: M1 testi için sınıflandırma tablosu	41
Çizelge 2.10: Kaplama denemeleri	44
Çizelge 3.1: Numunelerin NF P 92 504 metoduna göre yanma davranışları	47
Çizelge 3.2: Farklı güç tutuşurluk test metodları ile yapılan denemeler	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Kabuklu bir buğday tanesinin ayrıntılı yapısı	7
Şekil 1.2: Alev geciktirici kimyasalların büyüme trendi	9
Şekil 1.3: Bir Polimerin yanma aşamaları	12
Şekil 1.4: Yangın geciktirme mekanizmalarının şeması ve yanma reaksiyon döngüsündeki rolleri	13
Şekil 1.5: Şişen alev geciktirici içeren bir plastik kablonun yanması	17
Şekil 1.6: En çok kullanılan iki farklı bıçaklı kaplama metodu	21
Şekil 2.1: Eleme makinesi	30
Şekil 2.2: Öğütme makinesi.....	30
Şekil 2.3: TGA ölçümünde kullanılan cihaz.....	32
Şekil 2.4: Polynorm 504 Test Cihazı.....	33
Şekil 2.5: Flexiburn vertical frame textile flammability tester.....	33
Şekil 2.6: Buğdayın toplanması	33
Şekil 2.7: Buğdayın ezilmesi	34
Şekil 2.8: Ezilmiş buğday	34
Şekil 2.9: Buğdayın elenmesi	34
Şekil 2.10: Buğday kapçığının hassas ayıklanması	35
Şekil 2.11: Buğday kapçığının öğütülmesi	35
Şekil 2.12: Farklı boyutlarda ayrılmış öğütülmüş buğday kapçığı.....	36
Şekil 2.13: Kaplama işleminin yapılması	38
Şekil 2.14: NF P 92 503 test cihazının şematik gösterimi.....	39
Şekil 2.15: NF P 92 504 test cihazının şematik gösterimi.....	40
Şekil 2.16: NF P 92 505 test cihazının şematik gösterimi.....	41
Şekil 3.1: Buğday kapçığı katılmamış kaplamalı kumaşın yanma sonrası görüntüsü.....	49
Şekil 3.2: Buğday kapçığı katılmış kaplamalı kumaşın yanma sonrası görüntüsü....	49
Şekil 3.3: Buğday kapçığının oksijen ortamında TGA eğrisi.....	54
Şekil 3.4: Buğday kapçığının azot ortamında TGA eğrisi.....	55

KAPLAMALI POLYESTER TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN BUĞDAY KAPÇIĞI KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Yangın sebebiyle ölümler ve yaralanmalar, geçmişten günümüze kadar tüm dünyada sorun olmuştur. Hem ölüm ve yaralanmaları hem de maddi kayıpları azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar : Yangını başlamadan önlemek, başlayan yangının büyümesini engellemek ve kolay söndürülebilmesini sağlamak şeklinde özetlenebilir.

Günlük yaşantıda evlerde kullanılan tekstil materyallerinin de içinde bulunduğu doğal ya da sentetik polimerik materyaller , yüksek oranda yanıcılığa sahip olabilmektedirler. Bu sebeple de çıkan yangınların büyümesinde ve söndürülmesinin güçleşmesinde önemli rol oynamaktadırlar.

Hem doğal hem de sentetik tekstil materyallerinin yangın üzerindeki etkileri , araştırmacıları bu materyalleri alev almaz ya da güç tutuşur hale getirmek üzere çalışmaya itmiştir.

Bu amaçla tekstil endüstrisinde bir çok kimyasal madde kullanılmaktadır. Zaman içerisinde , bu amaçla kullanılan kimyasalların toksik ve çevreye zararlı özelliklerinin ortaya çıkması , araştırmacıları daha çevreci , insan sağlığına zarar vermeyecen ve yenilenebilir alev geciktirici ürünler geliştirmeye itmiştir.

Bu çalışmada doğal bir malzeme olan ve buğday (*Triticum Aestivum*) üretimi sırasında atık madde olarak ortaya çıkan buğday kapçığının , ilk defa bir tekstil yüzeyine aplikasyonu gerçekleştirilmiştir. Güç tutuşur polyester iplikle dokunmuş bir kumaşa farklı boyutlarda ve miktarlarda öğütülmüş buğday kapçığı içeren akrilat ve poliüretan bazlı ticari kaplama binderleri , bıçaklı kaplama metodu kullanılarak laboratuvarında uygulanmıştır. Elde edilen kaplamalı kumaşlar , ev tekstiline yönelik güç tutuşurluk standartları olan NFP 92 504, NFP 92 503 , IMO FTP Code Part 7 ve ISO 15025 test standartlarına uygun olarak test edilmiş ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

Sonuç olarak, M1 standardizasyonuna göre buğday kapçığı katkısının akrilat ve poliüretan kaplamalı kumaşa belirli seviyede güç tutuşurluk özelliği kazandırdığı ancak farklı yanma metotlarına göre güç tutuşurluk özelliğinin sağlanmadığı, ancak malzemenin yanma davranışını değiştirdiği ve alev ilerleme hızının düşerek alevin numune eni yönünde yayılmasının engellendiği tespit edilmiştir. Nanogümüş tel ve grafen katkısının kapçığın güç tutuşurluk özelliğini artırdığı görülmüştür.

Buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliği sağlamasına rağmen kendi kendine sönmeye ve yanmaya direnç özelliği kazandırmadığı görülmüştür. Tüm denemelerde kumaş tutuştuktan sonra yanmanın sürdüğü görülmüştür. Her ne kadar yanmaya engel olmasa da kumaşın yanma davranışını değiştirdiği; alevli damlama ile eriyerek yanmanın engellendiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Güç-Tutuşurluk, doğal malzemeler, buğday kapçığı, M1 güç tutuşurluk testi, kaplama



IMPREGNATION FIRE RETARDANCY PROPERTIES OF COATED POLYESTER TEXTILE SURFACES BY USING WHEAT HUSK

SUMMARY

Deaths and injuries due to fire have been a problem all over the world from the past to the present. Various efforts are underway to reduce both deaths and injuries and material losses. These can be summarized as: preventing the fire from starting, preventing the growth of the starting fire and providing easy extinguishing.

Natural or synthetic polymeric materials, including textile materials used in households in everyday life, can have a high flammability. Therefore, they play an important role in the growth and extinguishing of fires.

The effects of both natural and synthetic textile materials on fire have led researchers to work to make them non-flammable or flame retardant. For this purpose, many chemicals are used in the textile industry.

Over time, the emergence of toxic and environmentally harmful properties of the chemicals used for this purpose has led researchers to develop more environmentally friendly, non-hazardous and renewable flame retardant products.

In this study, the first application of wheat husk, which is a natural material and emerged as waste material during the production of wheat (*Triticum Aestivum*), was applied to a textile surface for the first time. Acrylate and polyurethane-based commercial coating binders containing milled wheat husk of varying sizes and quantities were applied to a flame-retardant polyester woven fabric in the laboratory using a knife coating method. The coated fabrics obtained were tested in accordance with NFP 92 504, NFP 92 503, IMO FTP Code Part 7 and ISO 15025 test standards for home textiles and the results were compared.

As a result, it has been seen that wheat husk additive gives a certain level of flammability property to acrylate and polyurethane coated fabric according to M1 standardization test method. In case of the other some methods used in the measurement of the flame retardancy property, the flame retardancy property was not provided, but the combustion behavior of the material was changed and the flame propagation rate decreased and the flame spreading was prevented in the direction of the sample width. It has been seen that the addition of nanosilver wire and graphene increases the flame retardancy behavior.

Although the wheat husk provides a strong flammability, it does not provide a self-extinguishing and fire-resistant property. In all experiments, it was observed that the combustion continued after the fabric ignited. Although it does not prevent combustion, it has been observed that it changes the burning behavior of the fabric in terms of prevents flaming dripping and melting.

Keywords: Flame-retardancy, natural materials, wheat husk, M1 fire retardancy test, coating



1. GİRİŞ

Günümüzde teknik ve teknolojik gelişmeler çok büyük bir hızla devam ederken bu gelişmelerle birlikte hayatımıza giren konfor ve korunma amaçlı çeşitli kimyasallar ve bu kimyasalların belirlenmiş ve olası yan etkileri, kullanıcılar üzerinde hem kendi sağlıkları hem de gelecek nesillerin sağlığı için endişe yaratmaktadır. Tüm dünyada çevre bilincinin artması da bu kimyasalların çevreye olan olumsuz etkilerinin daha fazla irdelenmesine neden olmaktadır. Çevreye zararlı kimyasallar, uzun vadede ve dolaylı yollardan yine insan sağlığına olumsuz etkiler oluşturabilecek potansiyeldedir. Bu sebeple insanoğlu, bir taraftan daha konforlu yaşamak, tehlikelerden korunmak için bu tür kimyasalları hayatına sokarken, kendi sağlığını ya da çevre sağlığını tehlikeye atmayacak sürdürülebilir ürünleri tercih etmek istemektedir.

Doğal ya da polimerik malzemeden yapılmış olan tekstil materyallerinin bir kısmı yüksek yanıcılık özelliği gösterir. Bu materyallerin yaygın bir şekilde ev ve işyerlerinde kullanıldığı düşünüldüğünde, farklı bir sebeple çıkan bir yangında bile bu materyallerin yangının daha da büyümesine katkısı olacağı bilinmektedir. Bu sebeple üretilen tekstil materyallerinin, tamamen yanmaz olmasalar bile kısa sürede tutuşmayan, tutuştuğunda kendi kendine sönebilen ya da ortamdaki farklı bir materyalin tutuşmasına katkı sağlamayan özellikte olması istenir. Ayrıca yangın sırasında oluşan dumanın da hem kaçıışı zorlaştırma hem de zehirlenme ihtimali olduğundan çıkan duman miktarının ve içeriğinin analizi de önem kazanmaktadır.

Tekstil materyallerinde bu özellikleri sağlamak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu amaçla geliştirilen bazı kimyasal maddelerin zaman içerisinde hem insan sağlığı hem de çevre açısından tehlike oluşturabileceği belirlenmiş ve yerlerine kullanılabilir hem daha zararsız hem de daha etkili yeni kimyasalların araştırılması geçmişten günümüze devam etmiştir. Doğada bulunan malzemelerin bu amaçla kullanımı da bu araştırmalar sırasında gündeme gelmiş ve denenmeye başlamıştır.

Bir tekstil materyalindeki yanmazlık özelliklerinin test edilmesi için geliştirilmiş bir çok test metodu bulunmaktadır. Bu test metodları, tekstil materyalinin kullanım yerine göre değişiklik gösterdiği gibi, ülkelere göre de farklılıklar göstermektedir. Gene de hepsi ortak bir amaca hizmet eder. Yani tekstil materyalinin kolay bir şekilde yangın oluşturmaması, oluşan bir yangının büyümesine katkı sağlamamasını ya da çıkardığı duman miktarı ve dumanın içeriğini belirler.

Günümüzde kimyasal atıkların yanı sıra tarım sanayiinde yetiştirilen bitkilerden kaynaklı bir çok tarımsal kalıntı da ortaya çıkmaktadır [1]. İnsanoğlunun temel gıda maddesi olan tahılların sadece tane kısımları besin kaynağı olarak kullanılmakta, bunun dışındaki yaprak, kabuk, sap vb. kısımlar atık olarak ayrılmaktadır. Hem dünyada hem de Türkiye`de bu atıkların katmadeğerli bir şekilde tekrar kullanımı ile ilgili çok az efor sarfedilmektedir. Bunun yerine atıkların kontrolsüz bir şekilde bertaraf edilmesi (yakılarak ya da çürümeye bırakılarak) sözkonusudur ki bu şekilde yapılan bertaraf işlemi, çevresel olarak olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Ayrıca çok daha katmadeğerli ürünlere dönüşme potansiyeli olan bu atıklar, kontrolsüz bertaraf edildiklerinde ciddi bir israf ortaya çıkmaktadır [2].

Buğday, en temel besin maddelerimizin üretimi için kullanılan en önemli tahıldır. Diğer tüm tahıllarda olduğu gibi besin olarak kullanılan tanelerinin dışında da bir çok bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden biri de tanenin etrafını saran buğday kapçığıdır. Buğday kapçığı, büyüme esnasında bitkinin en değerli kısmı olan buğday tanesini korumakla görevlidir. Kapçık, sert bir materyaldir ve mikrobiyal saldırıyı engelleyen holoselüloz (selüloz ve hemiselüloz), lignin, silika ve balmumundan oluşur [3]. Değerli bir atık madde olmasına rağmen buğday kapçığı, atık madde yönetimindeki zorluklar sebebiyle genelde yakılarak bertaraf edilmektedir ki bu yöntem sera gazı salınımına katkı sağlamaktadır [4,3]. Buğday kapçığının biyokütle olarak kullanımı sonucu yüksek sıcaklık ve basınç altında ayrıştırılması ile biyoyağ/biyoyakıt olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmalar mevcuttur [5,6].

Yine kapçığın dolgu malzemesi olarak çeşitli kompozit malzemelerde kullanımı ile ilgili denemeler de literatürde görülmektedir. Buğday kapçığının kullanım alanlarının sınırlı olması ve hem dünyada hem de Türkiye`de buğday ekiminin her zaman devam edeceği gerçeği, buğday kapçığını kolay bulunabilir bir atık malzeme haline getirmektedir.

1.1 Hipotez

Türk tekstil sektörü, Türkiye için lokomotif sektörlerden biridir. Sektörün dünya ile rekabet edebilmesi için kolay bulunabilen ve ucuz kimyasal katkı maddelerine ihtiyacı vardır. Güç tutuşurluk, tüm tekstil yüzeyleri için önemli bir kullanım özelliğidir. Tekstil malzemesinin kullanım yerine göre istenen güç tutuşurluk özellikleri değişkenlik gösterse de temelde tüm tekstil yüzeylerinden belli ölçülerde güç tutuşur olmaları beklenmektedir. Bu özelliğin sağlanabilmesi için kullanılan en yaygın metod, kumaş yüzeyine bazı sentetik kimyasalların aplike edilmesidir. Ancak bu kimyasalların çoğunun insan sağlığına ya da çevreye zararlı oldukları bilimsel çalışmalarla tespit edilmiştir. Geçmişte kullanılmış olan bir çok kimyasalın günümüzde zararlı etkilerinden dolayı kullanılmıyor olması, günümüzde güvenilir olduğu düşünülerek kullanılmakta olan bir çok kimyasalın da önümüzdeki yıllarda yapılan araştırmalarla kullanımının sınırlandırılması ya da tamamen yasaklanmasının söz konusu olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu kimyasalların büyük bir bölümü ülkemize yurtdışından ithal edilmekte ve yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Dünyada sürdürülebilir ve insan sağlığına zarar vermeyen üretimin hem son tüketicilerden talep görmesi hem de bir çok ülkede devlet politikası olarak çeşitli regülasyonlarla (REACH vb.) desteklenmesi, güç tutuşur kimyasal uygulamalarında da doğal malzemelerin kullanılmasını teşvik etmektedir.

Bitkiler incelendiğinde, bir çoğunda tohum, gövde gibi hayati kısımların korunması için kılıf, kabuk vb. yapıların yaratıldığı görülmektedir. Örneğin tüm tahıllar, olgunlaşana kadar dış etkenlerden korunmaları için kapçık vb. isimler verilmiş olan kılıflarla korunmaktadır. Bitkilerin maruz kalacağı dış etkenlerden biri de yanma riskidir. Yanma durumunda bu kılıfların tohumu korumaya devam ettiği görülmektedir. Tüm bu gözlemlerden kılıfı oluşturan malzemelerin yangına dayanımı olduğu sonucu çıkarılabilir.

Bu amaçla bu tez çalışmasında ülkemizde de bol bulunabilecek buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliğinin tekstil sektörü için uygulanabilir olup olmadığı araştırılmıştır. Ön çalışma olarak buğday kapçığının kimyasal yapısı, literatürde araştırılmış. İçerdiği anorganik bileşenlerden dolayı yanmaya dayanıklı olabileceği düşünülmüştür. Daha sonra tez için kullanılacak olan buğday kapçığının Butekom Test Laboratuvarında Prowhite marka ve K016-OI-1X model LOI cihazında LOI (Limited Oxygen Index)

ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, Çizelge 1.1`de verilmiştir. Çizelge 1.1 den de görüleceği üzere kapçığin LOI değerinin güç tutuşur özellik olarak belirlenmiş olan oksijen konsantrasyonundan (%21) daha yüksek olduğu, %40 oksijen konsantrasyonunda bile alev uzaklaştırılınca kapçığin söndüğü görülmüştür. Bu değerler ve gözlemler, kapçığin güç tutuşur özellik sergilediğini ortaya koymuştur. Bu özelliğinin normalde güç tutuşur özelliği olmayan binderlerle kaplanmış kaplamalı kumaşlarda kaplama binderi içinde ne kadar olacağıının tespit edilmesi amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır.

Çizelge 1.1: Buğday kapçığı LOI ölçüm sonuçları.

Oksijen Konsantrasyonu (%)	Etkileşim Gözlemi
20	Numune alev uygulandıktan sonra yandı. Alev uzaklaştırılır uzaklaştırılmaz söndü.
30	Numune alev uygulandıktan sonra yandı. Alev uzaklaştırılır uzaklaştırılmaz söndü. Ufak patlamalı yanmalar gözlemlendi.
40	Numune alev uygulandıktan sonra yandı. Alev uzaklaştırılır uzaklaştırılmaz söndü. Ufak patlamalı yanmalar gözlemlendi. Son kısmına doğru kısa süreli, yaklaşık 2-3mm'lik bir yanma gözlemlendi. Yanma numune tutucuda sona erdi.
60	Numune alev uygulandıktan sonra yandı. Alev uzaklaştırıldığında genellikle söndü. Bazı yanmalarda kor olarak (alevsiz için için yanma) 1-2mm yanma ve sonrasında sönmeye durumu gözlemlendi.
80	Numune alev uygulanır uygulanmaz sonuna kadar yandı. Yanma numune tutucu kısmında sona erdi.

1.2 Buğday

Buğday (*Triticum*), buğdaygiller (*Poaceae*) ailesine ait yıllık bir bitkidir. Tahıl ürünlerinin en eski ve en önemlilerinden biridir. Yetiştirildiği toprak ve iklim şartlarına kolay adapte olabilmesinden dolayı dünyada ve Türkiye`de en çok yetiştirilen tahıllardan biridir. Bilinen binlerce buğday çeşidinden en önemlisi ekmek yapımında kullanılan ekmeklik buğday (*Triticum Aestivum*)`dır [7].

1.2.1 Dünyada buğday üretimi

Buğday, diğer tahıllara göre dünyada en fazla alanda üretilen tahıldır. Bunun iki ana sebebi vardır. Birincisi buğday bitkisinin çok farklı çevre ve toprak koşullarında yetişmeye dayanıklı olmasıdır. İkinci sebep ise buğdaydan elde edilen yiyeceklerin

dünya nüfusu tarafından seviliyor olmasıdır [8]. USDA (United States Department of Agriculture) verilerine göre 2018 yılında dünyada 215,437 milyar hektar alana buğday ekilmiş ve 730,901 milyon ton buğday üretilmiştir[9]. FAO (Food and Ugriculture Organization of United Nations) verilerine göre en çok buğday üreten ülkeler Çizelge 1.2`de verilmiştir. Türkiye , dünyada buğday üreten ülkeler arasında 10. sıradadır[10].

Çizelge 1.2: Buğday üretiminde lider ülkeler (Milyon Ton).

Ülke Adı	Ortalama (5 yıl)	2017	2018 Tahmin	2019 Tahmin	2018/2019 Değişim (%)
Avrupa Birliği	150,3	152	137,5	149	8,4
Çin	129,2	133	128	129	0,8
Hindistan	94,6	98,5	99,7	99	-0,7
Rusya Federasyonu	70,5	85,9	72,1	79	9,6
ABD	54,6	47,4	51,3	52	1,4
Kanada	30,2	30	31,8	33	3,9
Pakistan	25,8	26,7	25,5	24,5	-3,9
Ukrayna	25,5	26,2	24,6	26,5	7,8
Avustralya	23,3	21,2	17,3	24	38,7
Türkiye	20,7	21,5	20	21	5
Arjantin	16,3	18,5	19,5	19	-2,4
Kazakistan	14,1	14,8	13,9	14,5	4
İran	11,8	12,5	13,4	13,4	0
Mısır	9,2	8,8	8,8	9	2,3
Özbekistan	6,6	6,1	6	6,5	8,3
Diğer Ülkeler	59,6	56,4	59	58	-1,7
Tüm Dünya	742,3	759,4	728,3	757,4	4

1.2.2 Türkiye`de buğday üretimi

Buğday, Türkiyede en fazla ekilen ve üretim tonajı en fazla olan tarla bitkisidir. 2018 yılında 7.299.000 hektarda ekimi yapılmış ve 20.000.000 ton ürün elde edilmiştir. Yine verilere göre Türkiye`de üretilen buğday miktarının yurt içi talebi karşılama derecesi %117,7`dir [11]. Buğday üretimi, toplam tahıl üretiminin % 31.1`ini oluşturmaktadır [11].

Çizelge 1.3`de Türkiye`de üretilen bazı tarla bitkilerinin ekim alanları ve üretim tonajları ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir [11].

Buğday üretimi, dünyada ve Türkiye`de azalma eğiliminde olmasına rağmen buğday, halen tüm tahıllar içinde en çok üretilen tahıl olma özelliğini korumaktadır. Buğday`ın beslenmemizdeki yeri düşünüldüğünde üretimin devam edeceği, hatta ilerleyen yıllarda üretimdeki değişimin artış eğilimine dönebileceği de öngörülebilir.

Çizelge 1.3: Türkiye`de üretilen bazı tarla bitkilerinin üretim tonajı ve ekim alanı bilgileri.

Ürünler	Ekim Alanı (1000 Ha)					Üretim (1000 Ton)				
	Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017
Buğday	7,919	7,867	7,672	7,669	7,299	19,000	22,600	20,600	21,500	20,000
Arpa	2,787	2,784	2,740	2,424	2,468	6,300	8,000	6,700	7,100	7,000
Çavdar	115	112	115	101	111	300	330	300	320	320
Yulaf	94	103	99	113	106	210	250	225	250	260
Çeltik	111	116	116	110	120	830	920	920	900	940

Buğday tanesi, dış kabuk (pericarp, kapçık) ve tohum olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Tohum kısmı, tohum kabuğu (kepek), besin dokusu ve embriyo olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır [8].

Şekil 1.1, kabuklu bir buğday tanesinin ayrıntılı yapısını göstermektedir [9].

Tahıl tanelerinin dışındaki koruyucu kabuk, kapçık olarak adlandırılır. Buğday kapçığı, buğdayın yaklaşık % 15-20'sini oluşturur. Lignoselülozik atık bir üründür ve bazı buğday kapçığı türleri, sığır yemi ve yakıt olarak kullanılır [12].

Çizelge 1.4`te 2014`te Çin`in Henan köyünde toplanmış buğdaydan elde edilen buğday kapçığının toplanır toplanmaz yapılan analizde elde edilen yaklaşık içeriği verilmiştir [13].

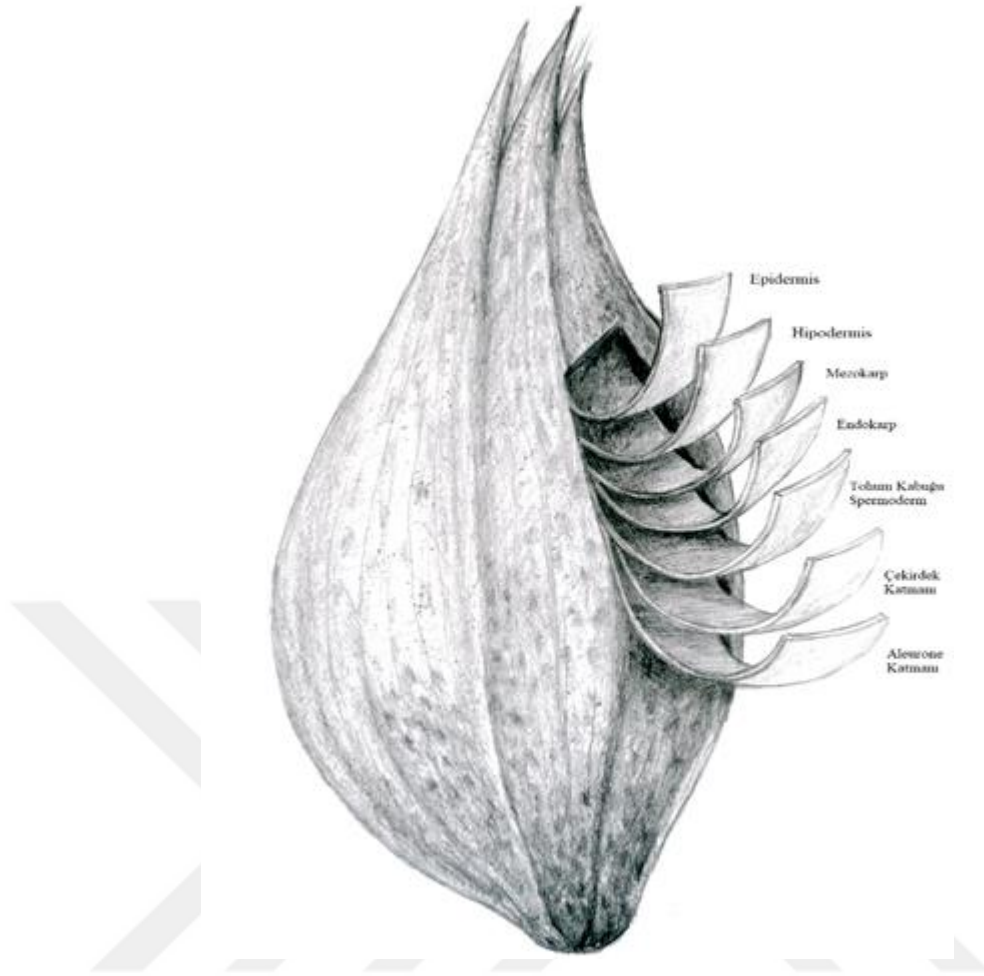
Çizelge 1.4: Çin`de toplanan buğday kapçığının yaklaşık içeriği.

Bileşen (Toplanır Toplanmaz)	%
Nem	5.55
Kül	18.96
Organik Komponentler	75.13

Çizelge 1.5`de aynı ürünün ön işlemden geçirildikten sonra elde edilen analiz sonuçlarını göstermektedir[13].

Çizelge 1.5: Çin`de toplanan buğday kapçığının ön işlem sonrası analiz sonuçları.

Bileşen (Ön İşlem Sonrası)	%
Lignin	17.39
Silika	14.80
Selüloz	41.74
Hemiselüloz	20.79



Şekil 1.1: Kabuklu bir buğday tanesinin ayrıntılı yapısı.

Çizelge 1.6`de ise Almanya`da toplanmış bir buğday kapçığının kimyasal ve elementel içeriği verilmiştir [12] .

Çizelge 1.6: Almanya`da toplanmış buğday kapçığının kimyasal ve elementel içeriği.

Kimyasal İçerik	%
Selüloz	36
Hemiselüloz	18
Lignin	16
Nişasta	9
Protein	6
Yağ	5
Elementel İçerik	
Karbon	74.9
Oksijen	22.4
Silisyum	2.1
Potasyum	0.6

1.3 Sentetik Tekstil Ürünlerinde Yanma

Tekstil olarak adlandırabileceğimiz örme ve dokuma ürünler çok eski çağlardan beri insanların sıcak ve soğuktan korunma vb. ihtiyaçlarına göre ortaya çıkmış ve kullanılmıştır. Daha sonra bu ürünler geliştirilirken estetik kaygılar da ortaya çıkmış, bu sebeple çeşitli dokuma, örme ve renklendirme teknikleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise tekstil ürünlerinden beklenti sadece estetik olmaları değil aynı zamanda çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip olmalarıdır. Ürünlerden kullanım yerlerine göre sert ya da yumuşak olmaları, nemi geçirme özelliğine sahip olmaları, antimikrobiyel, su geçirmez özellikte olmaları, kırışma dayanımlarının olması , kolay temizlenebilir olmaları gibi çeşitlik özellikler beklenmektedir.

Tekstil ürünlerinin güç tutuşur ya da yanmaz olmaları da yine kullanım yerlerine göre onlardan beklenen fonksiyonel özelliklerden biridir. Tekstil yüzeylerinin üretiminde kullanılan materyaller, genelde yanıcıdır. Yangın istatistikleri incelendiğinde ev içinde kullanılan tekstil ürünlerinin yangınların %50 sinden sorumlu olduğu görülmektedir [14].

Yapılan bir araştırmada, yangın alarmları ile donatılmış bir binada üst katta uyuyan kişilerin, zemin katta başlayan ve büyüyen bir yangından kaçmaları için ortalama 3 dk. gibi kısa bir süreye sahip oldukları ortaya konmuştur [15]. Kullanılan alev geciktirici kimyasallar yangını tamamen söndürebilirler. Ya da yayılma hızını yavaşlatarak kişilere kaçmaları için ekstra süre kazandırabilirler [15].

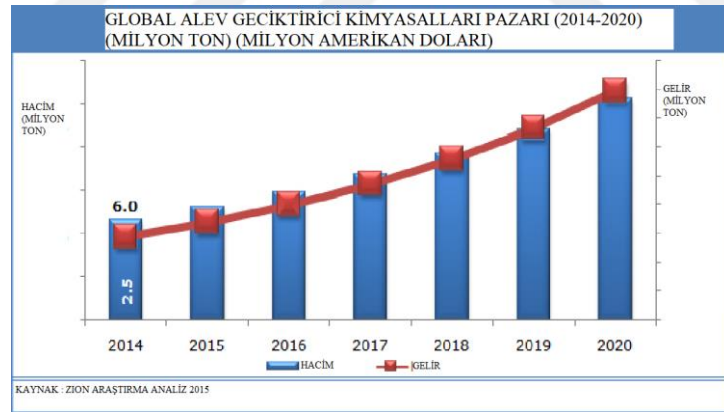
Ev tekstili ürünlerinin dışında koruyucu iş kıyafetleri, itfaiyeci kıyafetleri, taşıtlarda kullanılan tekstil malzemeleri için de alev almazlık önemli bir kriterdir. Tekstil ürünlerinin kullanım alanına göre üründen istenen yanmazlık özelliğinin içeriği de değişecektir. Örneğin bir perdede üründen yanarak düşen damlamaların olması istenmez. Çünkü bu damlamalar, ortamdaki farklı materyallerin tutuşmasına ve yangının genişlemesine sebep olabilir. Ama bir koruyucu giysi için sadece bu özellik yeterli olmayacaktır. Koruyucu bir giyside materyalin erimesi, kullanan kişide ciddi yaralanmalara sebep olacağı için istenmeyen bir özelliktir. Ürünlerin kullanım yerine göre talep edilen gereklilikler değişebileceği gibi bu gereklilikler ülkelere göre de değişiklik gösterebilmektedir. Farklı ülkelerde aynı ürün için talep edilen regülasyonlar ve test metodları farklılık gösterebilmektedir.

Tekstil materyalinin hammaddesindeki farklılıklar da yanma davranışını tamamen değiştirebilmektedir. Örneğin doğal bir polimer olan pamuk alevlenerek ve erimeden yanarken, sentetik polimerlerin çoğu eriyerek yanmaktadır.

Tekstil materyallerinde güç tutuşurluk sağlayabilmek için kullanılan çeşitli metodlar vardır. Bunlar 4 ana başlık altında toplanabilir:

- Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması . Meta/Para Aramid -(Nomex ve Kevlar) Cam Lifi – Karbon Lifi – Florokarbon Lifi gibi
- Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi. Polietereterketon (PEEK) gibi .
- Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi . Trevira markasının ürettiği FR Polyester Lifleri gibi.
- Kumaşın alev geciktirici kimyasallar ile işlem görmesi.

Alev geciktirici kimyasallarla güç tutuşurluk sağlanması, uygulanma kolaylığı ve maliyetin daha düşük olmasından dolayı yaygın bir şekilde kullanılan metodlardan biridir. 2014 yılında yapılmış olan bir pazar araştırması, alev geciktirici kimyasalların büyüme trendini ortaya koymaktadır.(Şekil 1.2) [16].



Şekil 1.2: Alev geciktirici kimyasalların büyüme trendi.

Sentetik tekstil yüzeylerinin üretiminde kullanılan malzemeler polimerik malzemelerdir. Bu polimerik malzemeler genel olarak yanıcıdır. Polimerik malzemelerin yanma mekanizmasının anlaşılması, bu alanda yapılacak güç tutuşurluk çalışmaları için önemlidir.

Bir polimerin nihai yanma davranışını etkileyecek olan bazı kritik sıcaklıklar vardır. Bunlardan Tg (camsı geçiş sıcaklığı), Tm (erime sıcaklığı) fiziksel değişimlerin anlaşılabilmesi için önemlidir. Td (parçalanma ya da piroliz sıcaklığı ve Tc (tutuşma

ve alevli yanmanın başlama sıcaklığı) da yanma davranışının anlaşılabilmesi için önemlidir. Tc (ve genellikle Td) sıcaklığı ne kadar düşük olursa lif o kadar yanıcıdır [17].

LOI (Limited Oxygen Index ya da Sınırlayıcı Oksijen İndeksi) değeri de yanıcılığı belirleyen kriterlerden biridir. LOI, bir materyalin yanmayı sürdürebilmesi için gereken bir oksijen/azot karışımındaki minimum oksijen yüzdesinin ölçüsüdür. Soluduğumuz havadaki oksijen miktarı %21`dir. Bir materyal, doğal havada bulunan oksijenden daha az miktarda oksijenle bile tutuşabiliyorsa yanıcılığı yüksektir. Eğer materyalin tutuşma için ihtiyaç duyduğu oksijen miktarı, havadaki miktar olan %21`in üzerindeyse bu, materyalin tutuşabilmek ve yanmaya devam edebilmek için için havadaki oksijen dışında ekstra bir enerjiye ihtiyaç duyması demektir. Bu yüzden LOI değeri 21-25 arası olan materyaller orta derecede tutuşur, LOI değeri 25`ten büyük olan materyaller ise güç tutuşur olarak kabul edilir [18,19].

Çizelge 1.7`de bazı doğal ve sentetik polimer liflerinin kritik sıcaklıkları ve LOI değerleri verilmiştir. Çizelge incelendiğinde doğal polimerler içinde yünün yüksek tutuşma sıcaklığı ve LOI değeriyle doğal bir güç tutuşur malzeme olduğu söylenebilir. Pamuk ve viskon ise düşük tutuşma sıcaklığı ve LOI değerine sahiptir. Bu değerlere göre kolay yanabilen malzemeler olduğu söylenebilir [17].

Çizelge 1.7: Bazı doğal ve sentetik polimer liflerinin kritik sıcaklıkları ve LOI değerleri.

Lif Cinsi	Tg (0C) (Camsı Geçiş)	Tm (0C) (Erime)	Td (0C) (Piroliz)	Tc (0C) (Tutuşma)	LOI (%)
Yün	–	–	245	600	25
Pamuk	–	–	350	350	18,4
Viskon	–	–	350	420	18,9
Naylon 6	50	215	431	450	20-21,5
Naylon 6.6	50	265	403	530	20-21,5
Polyester	80-90	255	420-447	480	20-21
Akrilik	100	>220	290	>250	18,2
Polipropilen	-20	165	470	550	18,6
Modakrilik	<80	>240	273	690	29-30
Polivinilklorür	<80	>180	>180	450	37-39
Metaaramid	275	375	410	>500	29-30
Paraaramid	340	560	>590	>550	30,0

Sentetik polimerlerde ise naylon, polyester, akrilik ve polipropilen, nispeten benzer özellikler göstermekte pamuk ve viskona göre daha iyi olmakla birlikte kolay tutuşabilen malzemeler sınıfına girmektedirler. Modakrilik, polivinilklorür ve aramidler ise yüksek LOI değerleri ile güç tutuşur polimerler sınıfındadırlar. Polivinilklorür, LOI değeri çok yüksek olmasına rağmen daha düşük piroliz ve tutuşma sıcaklığına sahip olduğundan güç tutuşurluk özelliğinin modakrilik ve aramidlerden daha kötü olduğu söylenebilir.

Yorumlardan da görüldüğü gibi Çizelge 1.7deki 5 değer, liflerin tutuşma davranışları ile ilgili öngöründe bulunmamızı sağlamaktadır.

Ancak bazı termoplastik lifler, düşük LOI değerlerine sahip olmalarına rağmen pratikte yüksek yanma özelliği göstermezler . Bu durum liflerin termoplastik davranışı ile açıklanabilir. Polyester, poliamid ve polipropilen gibi yaygın kullanılan termoplastik lifler ısı ya da alev kaynağı ile karşılaştıklarında termoplastik özelliklerinin bir sonucu olarak büzülerek alevden uzaklaşırlar. Bu davranış, bu liflerin yüksek LOI değerine sahip olmasına sebep olur. Çünkü LOI testinde üstten dikey bir yanma başlatılır. Lifler, alev kaynağından büzülerek ve damlayarak uzaklaşırlar. Bu sebeple yanmayı başlatmak için ortama daha fazla oksijen verilmesi gerekir. LOI değeri yükselir [17].

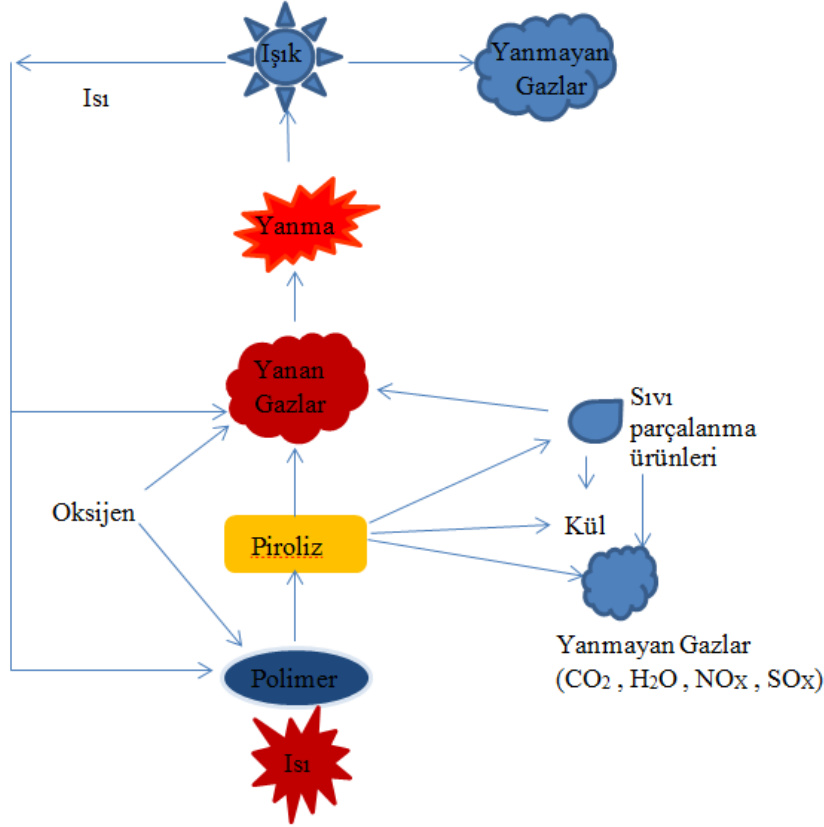
1.3.1 Tekstil liflerinin yanma mekanizması

Bir polimer, alevli şekilde yanmaya başlamadan önce parçalanmalıdır. Aslında yanmayı başlatan parçalanma sırasında ortaya çıkan yanıcı komponentlerdir. Polimer yüzeyinde yanma, aşağıdaki adımlarla gerçekleşir :

- Materyalin Isınması
- Makromoleküllerin Termik Parçalanması (Piroliz)
- Yanıcı Gazların Oksidasyonu Sonucu Tutuşma
- Yanma ve Yanmanın İlerlemesi (Yanmanın ilerlemesi için ortaya çıkan ısı enerjisinin ilk ortaya çıkan piroliz ürünlerinin çevresindeki polimerik yapının pirolizini devam ettirmeye yetmesi gerekir. Enerji yeterliyse yanma devam eder)[20].

Şekil 1.3, bir polimer yüzeyinde yangın başlama ve ilerleme aşamalarını göstermektedir [21].

Yanıcı gazlar, piroliz sonrası ortaya çıkan ve ortamdaki ısının etkisiyle yüzeyden uzaklaşan gazlardır. Bu gazlar sebebiyle alev yayılmaya devam eder. Yanmayı devam ettirecek olan oksijen de hava ortamından sağlanır. Bazı katı partiküller ve zehirli olabilecek gazlar, duman olarak ortamdaki uzaklaşır [17].

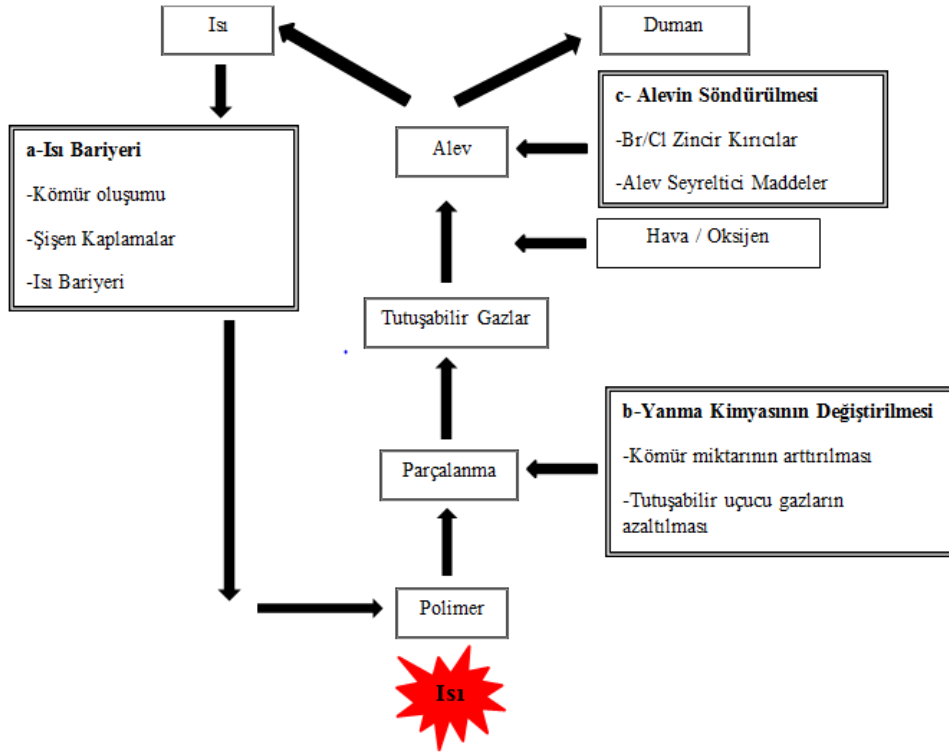


Şekil 1.3: Bir Polimerin Yanma Aşamaları.

Önemli polimer bozunma reaksiyonları, alev ve katı polimer arasındaki alanda meydana gelir. Çünkü bu alandaki sıcaklık, bozunma reaksiyonlarının gerçekleşmesine yetecek kadar yüksektir. Bozunma sonucu ortaya çıkan uçucu türler, alevden uzaklaşırken daha ağır olan yapılar, yüzeyde kalarak reaksiyona girmeye devam eder ve kömürleşerek yüzeyde bir tabaka oluşturabilir [17].

1.3.2 Yanma sırasında alev geciktirici kimyasalların etki ettiği alanlar

Alev geciktirici kimyasallar, yanma reaksiyon döngüsünün farklı aşamalarında ortaya çıkarak yanmanın gecikmesine katkı sağlarlar. Şekil 1.4`teki a-b ve c başlıkları, bu kimyasalların hangi aşamalarda devreye girdiğini ve yangının büyümesine katkı sağlayan hangi etkeni engellediklerini açıklamaktadır. Alev geciktirici kimyasallar, bu başlıkların bir ya da birden fazlasında görev alabilirler [17].

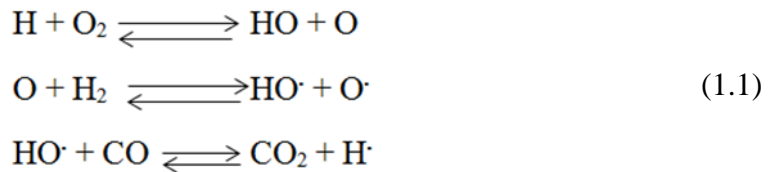


Şekil 1.4: Yangın geciktirme mekanizmalarının şeması ve yanma reaksiyon döngüsündeki rolleri.

a - Isı Bariyeri Oluşumu: Isı bariyeri oluşumu, yanmanın olduğu yüzeyde ısı ile teması kesen bir tabaka oluşması şeklinde çalışır. Bu tabaka, bir kömür tabakası olabileceği gibi şişen bir kaplama ya da camsı bir yüzey olabilir. Bu tabaka, ısının yangın yüzeyine dönmesini engelleyerek yeni parçalanma reaksiyonlarının önünü keser [17, 22] .

b- Yanma Kimyasının Değiştirilmesi: Bu mekanizmayla çalışan kimyasallar, yüzeyde kömür oluşumunu arttırlar ve tutuşabilir uçucu bileşiklerin oluşumunu azaltırlar [17, 22] .

c- Alevin Söndürülmesi: Bu mekanizma, uçucu ürünler zaten alev almış durumdayken buhar fazında çalışır. Gaz fazda gerçekleşen ve yanmayı hızlandıran bazı serbest radikal reaksiyonları vardır. Bu reaksiyonlar, denklem 1.1`te gösterilmiştir.



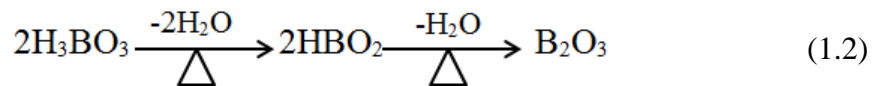
Bu reaksiyonlar, oldukça egzotermik reaksiyonlardır ve ortam ısısının artmasına katkı sağlarlar. Böylece pirolizi hızlandırır. Bazı alev geciktirici kimyasallar, bu reaksiyonları engelleyerek ısının artmasını engeller [23].

Ya da alev geciktirici kimyasal, yanma sırasında yanan materyaldeki oksijenle birleşerek su açığa çıkarır. Suyun buharlaşma reaksiyonu endotermik bir reaksiyon olduğundan buharlaşma sırasında gaz faz soğur. Böylece pirolizin devam etmesi engellenmiş olur [22].

1.3.3 Geçmişten günümüze kullanılan güç tutuşurluk kimyasalları

Hammadde farklılıkları ve son üründeki beklentilerin farklı olması gibi sebeplerden dolayı tekstil ürünlerinde kullanılan güç tutuşurluk kimyasalları da çok çeşitlidir. Bu amaçla kullanılan en verimli alev geciktiriciler, halojen içeren kimyasallar, fosfor içeren kimyasallar, fosfor ve azotu birlikte içeren kimyasallar, alüminyum ve magnezyumun hidratlı tuzları, bor ve bor tuzları, antimon ve molibden içeren kimyasallar olarak sıralanabilir [24].

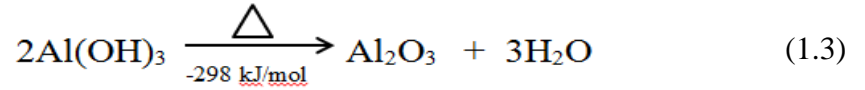
Boraks, tekstilde güç tutuşur malzemesi olarak 1700 lü yıllardan beri kullanılmaktadır. Özellikle selülozik materyaller için etkili bir güç tutuşur malzemedir. Ancak en büyük negatif özelliği, suya dayanıklı olmamasıdır. Kullanıldığı materyalin yıkanması durumunda güç tutuşurluk özelliği kaybolmaktadır. Bu özelliğine rağmen boraks, günümüzde hala özellikle çadır kumaşlarında alev geciktirici olarak kullanılmaktadır [25]. Borik asitin yanma mekanizması sonucu oluşan Boronoksit, yüzeyde koruyucu bir tabaka oluşturarak malzemenin yangınla temasını keser. Ayrıca açığa çıkan su da buharlaşırken soğumayı sağlayarak ve su buharı halinde yanıcı gazlarla yüzeyin temasını keserek yangının sönmesine yardımcı olur.



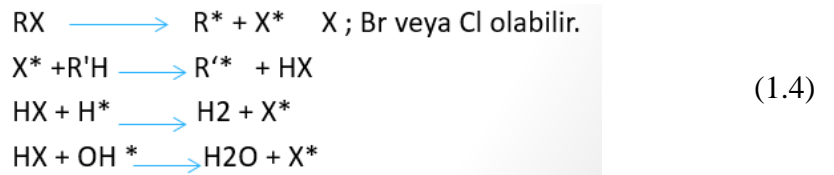
Çinko Borat ($2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), en yaygın kullanılan bor esaslı FR kimyasallarındandır. 290-450 C arasında endotermik olarak bozunur ve Borik asit oluşur. Borik asit, denklem 1.2`deki mekanizma ile bozunmaya devam eder[26].

Alüminyum tuzları, ucuz olmaları ve genel olarak çevreye ve sağlığa zararlarının çok fazla olmaması nedeniyle güç tutuşurluk için kullanılmakta ve iyi sonuçlar vermektedir. Ancak bu malzemelerle kayda değer iyileşmeler elde etmek için çok

büyük miktarda kullanılmaları gerekmektedir [26]. Bu kimyasalların genel ortam ısısını düşürerek , gaz fazı seyrelterek ve yüzeyde koruyucu bir tabaka oluşturarak etki gösterirler. Alüminyum tri hidrat (ATH), en sık kullanılan kimyasallardan biridir. ATH, endotermik bir reaksiyonla parçalanır ve Alüminyum Oksit ile su oluşur. Reaksiyonun endotermik olması, polimerin soğumasına sebep olur. Ayrıca ortaya çıkan su, buharlaşarak gaz fazı seyreltir. Alüminyum Tri Oksit ise polimer üzerinde bir tabaka oluşturarak yangınla teması keser [15]. Reaksiyon, denklem 1.3`de gösterilmiştir.



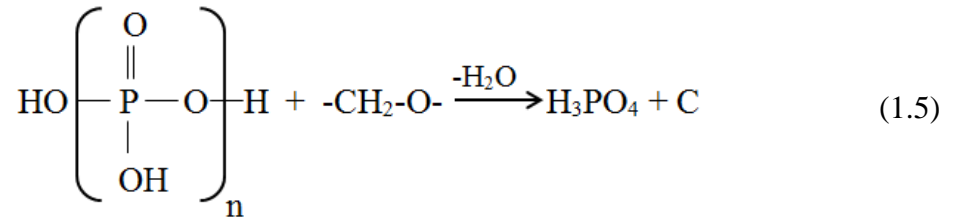
Halojen içeren kimyasallar, verimliliklerinin yüksek olmasından dolayı uzun yıllar tekstil yüzeyleri için kullanılmıştır. Burada bahsedilen halojenler Brom ve Klordur. Flor ve İyot`un alev geciktirici etkileri kısıtlı olduğundan bu grupta değerlendirilmemişlerdir. Klor içeren alev geciktiriciler de Brom içerenlere göre daha az efektiftir [15]. Bu grupta en yaygın kullanılan kimyasallar, pentabromodifenil eter, dekabromodifenil eter (veya oksit) ve poliklorlu bifenillerdir. Pentabromodifenil yasaklanmıştır [27]. Halojenli alev geciktiriciler yanma esnasında ortaya çıkardıkları halojen serbest radikalleri sayesinde ortamda oluşan ve yangının yayılmasına sebep olan diğer reaktif serbest radikalleri yakalarlar. Denklem 1.4, bu reaksiyonu göstermektedir. (X: Br ya da Cl) . Böylece buhar fazında etkin bir alev geciktiricilik özelliği ortaya çıkarırlar [27].



Ancak bu kimyasallar, yangın sırasında çok fazla zehirli gaz ortaya çıkarırlar. Ayrıca hayvan ve insan sağlığına zararlı oldukları, aynı zamanda çevre için de tehdit oluşturdukları artık kanıtlanmış durumdadır [24]. Aynı zamanda tekstil materyalinin yüzeyinden migre olmaları mümkündür ve bu durumda da kalıcı çevre kirletici özellikleri bulunmaktadır [27]. Halojen bazlı FR kimyasallarının bu özelliklerinin ortaya çıkmasıyla bu kimyasallar önemli ölçüde yasaklanmış ve yerlerini fosfor bazlı kimyasallar almıştır.

Tetrakis (hidroksimetil) fosfonyum tuzu (THPX) N-metilol dimetil fosfonopropionamid (N-MDMPA) gibi kimyasal maddeler, fosfor bazlı alev geciktiriciler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. THPX, pahalı bir maddedir ve proses sırasında ortamda amonyak gazı oluşmaktadır. N-MDMPA ile gerçekleştirilen bitim işlemleri sırasında MM bazlı çapraz bağlayıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu çapraz bağlayıcılar ortama formaldehit salınımına sebep olmaktadır. Formaldehit, insan sağlığı için zararlı bir madde olduğundan kullanımı kısıtlanmıştır. Fosfor bazlı kimyasallar, yanma esnasında daha az duman ve zehirli gaz çıkarır. Yangın sırasında yangının büyüme sebeplerinden biri de yanan bir polimerik malzemeden yanarak ayrılan damla ve parçacıklardır. Bu damla ve parçacıklar, ortamdaki başka malzemelerin tutuşmasını tetikleyerek yangının büyümesine sebep olurlar. Fosfor bazlı kimyasalların en önemli etkisi yanarak düşen damla ve parçacıkları azaltmasıdır [28].

9,10-Dihidro-9-Oksa-10 Fosfafenantren-10-Oksit (DOPO) da yaygın olarak kullanılan kimyasallardan biridir. Yangın esnasında Oksijen içeren polimerle birlikte reaksiyona girer. Su çıkışı ile birlikte fosforik asit oluşur. Oluşan su, ortamın soğumasına ve gaz fazın seyrelmesine katkı sağlar. Fosforik asit de polimer üzerinde bir tabaka oluşturarak alevle teması keser. Denklem 1.5'te fosforik asidin oluşma reaksiyonu görülmektedir [15].



Fosfor bazlı kimyasallar, sağlık açısından diğer kimyasallara göre daha az zararlı olmalarına rağmen onların da çevre kirliliği açısından ciddi etkileri bulunmaktadır. Fosfat deniz yosunu gibi bitkiler için iyi bir besin kaynağıdır. Atık olarak sulara karışması durumunda bu bitkilerin aşırı çoğalmasına neden olarak, su ekosisteminin bozulmasına sebep olmaktadır. Aşırı büyüyen deniz bitkileri, su içindeki oksijeni tüketerek yada yüzeyde bir tabaka oluşturdukları için ışık geçişini engelleyerek diğer su canlılarının ölümüne sebep olabilmektedirler [29].

Fosfor içerikli bileşiklerin azot içerikli bileşiklerle birlikte kullanılması da güç tutuşurluk için sıklıkla uygulanan metodlardandır. Fosfor ve azotun sinerjik etkisinden dolayı yanmazlık özelliği önemli derecede iyileşmektedir [30].

Ancak fosfor bazlı ürünler için bahsedilen sakıncalar, bu durumda da geçerlidir. Yangın sırasında yine zehirli ve aşındırıcı gazların çıkışı söz konusudur. Ayrıca bu metod, pamuklu yüzeylere uygulandığında ürünün gerilme dayanımında düşüslere sebep olmaktadır [30, 31].

Şişen alev geciktirici yapılar, son yıllarda özellikle yapı malzemelerinin yangına karşı korunması ve yangının ilerlemesinin engellenmesi için sıkça kullanılan yapılardır. Ahşap, plastik, çelik gibi çok farklı materyaller için kullanılabilir [32].

Bu yapılar genel olarak 3 bileşenden oluşur :

1. Karbon kaynakları (örneğin nişasta, pentaeritritol gibi polialkoller).
2. Asit oluşturucu madde (örneğin, amonyum polifosfat).
3. Spumifik (gaz sağlayan) bileşikler (örneğin, melamin) [33].

200-250 C`de asit oluşturucu madde ısının etkisi ile ayrışarak polifosforikasit ortaya çıkarır. Bu asit, karbon kaynağı olarak kullanılan maddenin –OH grupları ile reaksiyona girerek polifosforik asit esterleri oluştururlar. Bu esterler, bozularak bir karbon matrisi, su ve tekrar fosforik asit oluştururlar. Bu arada gaz yapıcı madde de ısının etkisi ile bozularak yanıcı olmayan gazlar oluşturur ve bu gazlar karbon matrisi ile bir araya gelerek matrisin köpük haline gelmesini sağlarlar. Böylece yüzeyde sert, yalıtkan, kömürümsü bir tabaka oluşur. Bu tabaka, hem alevin yüzeye ulaşmasını engeller, hem de ısı yalıtımı sağlayarak iç kısmın aşırı ısınmasını ve o kısımda kalan farklı malzemelerin tekrar pirolize uğrayarak yangın başlatmasını engeller [32, 33].



(a)

(b)

(c)

Şekil 1.5: Şişen alev geciktirici içeren bir plastik kablonun yanması [34].

1.3.4 Güç tutuşurlukla ilgili geleceğin trendleri

REACH, kimyasalların tescili (registration), değerlendirilmesi (evaluation), yetkilendirilmesi (authorisation) ve kısıtlandırılması (restriction of chemical) konularını belirleyen bir Avrupa Birliği yönetmeliğidir. Bu yönetmelik, 1 Haziran 2007'de yürürlüğe girmiştir ve 10 yıl içinde aşamalı olarak Avrupa Birliğinde üretilen ya da ithal edilen kimyasalların kayıt altına alınması hedeflenmiştir. 2018 yılı itibari ile bu kayıt işlemleri tamamlanmış ve bundan sonraki süreçte ortaya çıkacak diğer kimyasalların kaydı ile devam etmektedir. Önceden kaydedilmemiş maddelerin Avrupa Birliğine ithalatı yasaktır [35].

Aynı şekilde yine bu yönetmeliğe bağlı olarak 6 ayda bir güncellenen bir yüksek endişe verici kimyasal listesi (SVHC - substances of very high concern list) yayınlanmaktadır. Bu listenin amacı, insan sağlığına zararları kanıtlanmış durumda olan bu maddelerin kullanımını kısıtlayarak bu maddeler yerine daha zararsız alternatiflerin geliştirilmesi ve kullanılmasını teşvik etmektir [36].

Bu kapsamda özellikle halojen (brom) içeren bazı fr kimyasalları direkt olarak kısıtlamalar listesine girerken, bazıları da endişe verici maddeler listesinde yer almaktadırlar [37]. Bu kısıtlamalar kullanıcıları halojen içermeyen alev geciktiricilere itmiş olsa da bu kimyasal maddelerle ilgili de sağlık ve çevre açısından çekinceler bulunmaktadır.

Tüm bu kısıtlama ve çekinceler, özellikle son yıllarda araştırmacıları alev geciktirici olarak doğada bulunan ya da yine doğal malzemelerin işleme prosesleri sırasında atık ürün olarak ortaya çıkan materyalleri araştırmaya itmiştir. Ayrıca biyobazlı polimerik maddelerin kullanımının artması da bu polimerlerde yine biyobazlı alev geciktirici kimyasalların kullanımını ilginç hale getirmiştir [27].

Doğadaki bir çok bitki incelendiğinde yapılarının bitkinin hayati organlarını (tohum, gövde vb) dış etkenlerden koruyacak malzemeler içerecek şekilde yaratıldığı görülecektir. Bu bitkilere en güzel örneklerden biri Mantar Meşesi (Quercus Suber) ağacıdır. Mantar meşesi ağacının gövdesini saran kalın kabuk, ağacı dış etkenlerden korumak için oluşmaktadır. Bu dış etkilere karşı bir de yangındır. Yangın sırasında kabuk kısmı, alevle teması kesen bir tabaka oluşturarak ağacın çok fazla zarar görmesini engellemekte ve canlılığını devam ettirebilmesini sağlamaktadır [38, 39].

Aynı şekilde bir çok bitki tohumunun etrafını kabuk materyallerinin içerikleri de incelendiğinde yanmayı geciktirici inorganik maddeler içerdiği görülmektedir.

Bunun dışında sentetik alev geciktirici kimyasalların yapılarında bulunan ve alev geciktiricilikte etkili oldukları bilinen fosfor, azot gibi elementleri içeren doğal moleküllerin de benzer etki gösterebilecekleri düşünülerek araştırmalara dahil edilmişlerdir. Bu bileşikler için çeşitli protein molekülleri, DNA ve RNA bileşikleri sayılabilir [24, 40, 41].

1.4 Tekstil Ürünlerine Yönelik Güç Tutuşurluk Testleri

Ülkemizde özellikle ev yangınlarının çıkış sebepleri araştırıldığında bunların sigara , elektrik kontağı, baca tutuşması, pişirme ve kasıtlı yangın olduğu görülmektedir [42]. Günlük yaşantıda evlerde kullanılan tekstil materyalleri, oldukça yanıcı olabilmekte ve küçük bir yangının tüm ev ya da binaya yayılmasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple kullanılacak tekstil materyallerinin doğru seçilmesi önemlidir.

Tekstil ürünlerinin yangına ne şekilde katkı sağlayacağını belirleme amaçlı çok çeşitli test metodları geliştirilmiştir. Bu metodlarda çeşitli parametreler değerlendirilir. Örneğin tekstil ürününün belli bir süre aleve maruz kaldıktan sonra tutuşup tutuşmayacağı, eğer tutuşma gerçekleşmişse belli bir süre kendi kendine sönmüş sönmemesi ya da ürünün yanarken kendisinden kopan parçacıkların etkisi ile başka materyallerin tutuşmasına katkı sağlayıp sağlamayacağı, incelenen parametreler arasındadır. Aynı şekilde yanma sırasında bir tekstil ürününden çıkan duman ve ısı miktarı, çıkan dumanın toksisitesi gibi parametreler de ürünün kullanım yerine göre incelenebilmektedir.

Tekstil ürünlerinden kullanım yerlerine göre yanma beklentisinin farklı olması, farklı ülkelerdeki yangın regülasyonlarının değişkenliği gibi sebeplerle tekstile yönelik güç tutuşurluk standartları çok çeşitlenmiş durumdadır. Bu tez çalışmasında kullanılan test metodları tezin metod bölümünde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.5 Tekstilde Kaplama

Kaplama, tekstil üretiminde ve özellikle teknik tekstil üretiminde sıklıkla başvurulan bir üretim tekniğidir. Basitçe polimerik bir katmanın tekstil yüzeyinin bir ya da iki tarafına uygulanması şeklinde tarif edilebilir . Kaplama kumaş dendiğinde anlaşılması

gereken, en az birer katmanı bir tekstil yüzeyi ve polimerik malzeme olan iki ya da daha fazla katmandan oluşan bir materyaldir. Katmanlar, ilave bir yapıştırıcı ile ya da katmanları oluşturan materyallerin kendinden yapışma özellikleri kullanılarak birbirine tutturulur [43].

Kaplama metodu ile tekstil yüzeylerinde diğer bitim işlemleri ile elde edilemeyen bir çok fonksiyonel özellik elde edilebilmekte ve materyalin bir çok teknik özelliği geliştirilebilmektedir. Hiç bir teknik özellik içermeyen ve çok ucuza mal edilmiş bir kumaş, kaplama işlemi ile bir çok teknik özelliğe sahip olabilir ve katma değeri yüksek bir ürün haline gelebilir [44].

Teknik tekstillere olan talebin artması ile kaplama metodu gittikçe daha fazla önem kazanan bir teknik haline gelmeye başlamıştır.

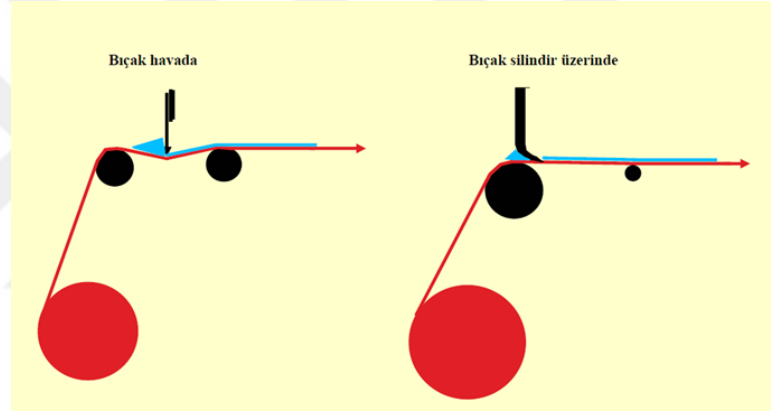
Ürünün son kullanım yeri, kullanılacak kaplama makinesinin özelliğine göre çok çeşitli polimerik malzemeler, kaplama için kullanılabilir. Kaplama formülasyonları tek bir polimerik malzemedan oluşmayan karmaşık formülasyonlardır. Bu formülasyonların oluşmasında da kaplama yapılacak yüzeyin özelliği, kaplama sonrası istenen özellikler, kaplama makinesinin özellikleri ve kullanılan polimerin özellikleri, belirleyici faktörlerdir.

Tekstil sektöründe kaplama malzemesi için kullanılan bazı polimerik maddeler, avantaj/dezavantajları ve kullanım alanları, Çizelge 1.8'de verilmiştir.

Kaplama kumaş üretiminde kullanılan en basit metod, bıçaklı kaplama olarak adlandırılan metoddur [43]. Bu metod, yüzer bıçak olarak da adlandırılır. Düz bir yüzey oluşturması için gerilmiş halde tutulan tekstil yüzeyine belli bir mesafede tutulan bir doktor bıçağının önüne belli bir vizkozitede hazırlanmış olan kaplama polimer karışımı dökülür. Tekstil yüzeyi bıçağın altından kaydırılarak polimer karışımının eşit kalınlıkta tüm yüzeye dağılması sağlanır. Daha sonra kumaş, ısı işlem görür ve polimer karışımının içindeki solvent ya da su buharlaştırılarak polimerin kumaş yüzeyine yapışması sağlanır. Düz bir şekilde gerdirilebilen, sıkı dokunmuş kumaşlar, bu kaplama metodu için uygundur [44]. Bu kaplama metodu için çeşitli uç şekillerine sahip bıçaklar kullanılabilir. Ayrıca bıçağın havada veya silindir yüzeyinde durması şeklinde farklı metodlar uygulanabilir. Şekil 1.6, en çok kullanılan iki bıçaklı kaplama metodunu açıklamaktadır.

Bıçaklı kaplamada kullanılan kimyasal reçeteleri, karmaşıktır ve polimerin yapısına, son kullanım için gerekli olan katkı maddelerine, kaplamanın uygulamadan önce köpürtülmesi gerekip gerekmediğine ve tipine bağlı olarak çok çeşitli kimyasallar içerebilir. Bunlar arasında ultraviyole ışık ve ısı stabilizatörleri, antioksidanlar, mekanik özellikleri iyileştirmek için dolgu maddeleri, reçetenin daha ekonomik olması için dolgu maddeleri, güç tutuşurluk kimyasalları, pigmentler ve işletmeye yardımcı olmak ve daha fazla özel özellikler vermek için başka maddeler de bulunabilir[44].

Kaplanacak tekstil yüzeyinin özelliğine göre de kaplama reçetesinin formülasyonu değişecektir. Örneğin sıklığı düşük ya da ince bir yüzeye kaplama yapılacaksa, formülasyonun özel köpürtücü ajanlar kullanılarak köpük haline getirilerek uygulanması yapılabilir. Böylece kaplamanın kumaş yüzeyine daha iyi oturması sağlanır ve kumaş içine nüfuz etmesi engellenir[44].



Şekil 1.6: En çok kullanılan iki farklı bıçaklı kaplama metodu.

Kullanılan kaplama malzemesinin cinsine göre son üründe elde edilen özellikler değişmektedir. Çizelge 1.8`de tekstil sektöründe en çok kullanılan kaplama malzemeleri, avantaj/dezavantajları ve kullanım yerleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

Çizelge 1.8: Tekstil sektöründe kullanılan bazı kaplama malzemeleri [44].

Polimer Cinsi	Avantaj/Dezavantajları	Kullanım Yeri
PVC (Polivinil Klorür)	Yüksek elastikiyet ve aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci yüksek, güç tutuşur/düşük ısı performansı, soğukta çatlama	Tente, çadır bezi, koruyucu ve askerigiysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri
PU (Poliüretan)	Yüksek uzama değeri, hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici/ güneş ışığı altında sararma eğilimi	Giysi, ayakkabı ve el çantaları düşük gramajlı naylon ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar, tente yapımı ve deri vernikleme
Doğal kauçuk	İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilme, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme/Gün ışığı ve oksidasyon dayanımı düşük, yanıcı ve yağ itici özelliği zayıf.	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
SBR(Stiren bütadien kauçuk)	Yüksek aşınma dayanımı, oksidasyon ve mikroorganizmalar dayanımı yüksek, havadan etkilenmez/yırtılma direnci düşük ve ısı dayanım aralığı dar	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
Silikon	Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı/ bağlanması, baskı ve renklendirmesi zor, pahalı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık Sektörü
PTFE (Politetrafloro etilen , Teflon)	İyi yağ ve su itici özellik, yüksek ısıya, kimyasallara ve çözümlere dayanıklı, oksidasyona, hava şartlarına ve mikroorganizmalara dayanıklı, yüksek ısı dayanım aralığı(-70-250 oC) ideal bir polimer/yüksek maliyet	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
Akrilik	UV ışınlarına direnci yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Oto döşemeleri, tente ve yapışkan madde yapımı
EVA (Etilen vinil asetat)	Tüm liflere adhezyonu, düşük sıcaklıklarda bile yüksek esneme kabiliyeti/yıkamaya karşı direnci düşük, solma eğilimi	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları

1.6 Literatür Araştırması

Tezin ana konusu olan buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliği ile ilgili literatürde yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun dışında buğday kapçığını farklı amaçlarla kullanıldığı çalışmalar mevcuttur.

Kalderis ve arkadaşları, diş macunları, deterjanlar ve sağlık sarf malzemeleri gibi ürünlere antifungal ve antibakteriyel etkilerinden dolayı eklenen Triklosan`ın aerobik bozunma ürünü olan ve mikroorganizmalara ve insan vücudunun bazı fonksiyonlarına olumsuz etkileri olduğu bilinen 2,4-diklorofenol (2,4-DCP)`ü sudan uzaklaştırmak için adsorbsiyon metodunu kullanmışlardır. Adsorbe edici madde olarak da kağıt çamuru ve buğday kapçığı biochar`ını kullanmışlardır. Çalışmada adsorbsiyon etkinliğini etkileyen parametreler incelenmiş ve en büyük etkini pH değişimi olduğu gösterilmiştir [45].

Zhang ve arkadaşları, iç ortam hava kirleticisi olan formaldehiti yakalamak için nano ağ yapılı karbon (NNSC) kullanmışlardır. NNSC eldesi için başlatıcı olarak buğday kapçığı kullanılmıştır. 44,6 mg/gr.m³.h`lik bir formaldehit adsorbsiyonu elde edilmiş ve bunun formaldehit adsorbsiyonu için ticari olarak kullanılan aktif karbona göre 41 kat daha iyi olduğu gösterilmiştir [46].

Ahmad ve arkadaşları, kömür ve buğday kabuğunun tuğlalarda katkı maddesi olarak kullanılması durumunda tuğla üretimindeki enerji ihtiyacındaki azalmayı ve tuğla gözenekliliği ile birlikte termal yalıtım değerlerindeki değişimi, tuğlaların mekanik özelliklerini de dikkate alarak incelemişlerdir. Tuğla kili içine katılan yanabilir katkı maddeleri, fırınlama işlemi sırasında yanarak ekstra enerji üretmekte ve fırınlama için gerekli enerji miktarını düşürmektedir. Ayrıca yanan bu malzemeler, tuğlanın gözenekli olmasına sebep olmakta, gözeneklilik de tuğlanın termal yalıtım değerlerini iyileştirmektedir. Çalışma sonucunda ağırlıkça %5 ve %10 katkı maddesi içeren tuğlaların şartname gerekliliklerini sağladıkları gösterilmiştir[47].

Liu ve arkadaşları, buğday kapçığı külünden NaOH çözeltisi kullanarak ayırdıkları silisyumu kullanarak silika aerojel üretmişlerdir. Silika arojeller, düşük yoğunluk, yüksek gözeneklilik, yüksek yüzey alanı ve düşük ısı iletkenliği gibi özelliklerinden dolayı kataliz, ısı yalıtımı, ilaç dağıtımı gibi işlemlerde ve ayrıca adsorban olarak geniş

kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu sebeple bu aerojellerin üretimi için düşük maliyetli, kolay ve güvenilir yollar aranmaktadır. Bu çalışmada da bir biyoatık olan buğday kapçığından elde edilen silika, aerojelin yapımı için öncül madde olan Sodyum Silikat eldesi için kullanılmıştır. Elde edilen silika aerojellerin yoğunluğu, gözenek yapısı, hidrofobik özellik ve ısı yalıtım özelliği detaylı olarak incelenmiştir. Çalışma sonunda arzu edilen gözenek yapısına, düşük ısı iletkenlik ve yüksek hidrofobik özelliğe sahip aerojeller başarı ile sentezlenmiştir[48].

Ding ve arkadaşları, buğday kapçığından elde edilen petek gözenekli karbon üzerine NiO (Nikel Oksit) nanotabakalar tutturarak yüksek performanslı süperkapasitör elde etmiştir. Süperkapasitörler, özellikle yenilenebilir enerjilerin yüksek performansla depolanması ve dönüştürülmesi için kullanılan yapılardır. Geçiş metali oksitlerinden olan NiO, düşük maliyetli ve çevre dostu olmasından dolayı süperkapasitör yapımında kullanılan bir maddedir. Ancak zayıf elektroiletkenliğinden dolayı kapasite ve tersine çevrilebilme özelliği düşüktür. Malzemenin karbonla birleştirilmesi, iletkenliği arttırarak depolama ve çevrim kabiliyetini arttırmaktadır. Süperkapasitörlerin geniş kullanım alanından dolayı ucuz ve çevre dostu bir karbon kaynağına ihtiyaç vardır. Ayrıca karbon kaynağının gözenekli olması da avantaj sağlayan özelliklerden biridir. Bu nedenle bu çalışmada karbon kaynağı olarak buğday kapçığı kullanılmıştır. Böylece mükemmel iletkenlik, güçlü mekanik / stabilite ve süper yüksek spesifik gözenekli karbon alanı sayesinde iyi elektrokimya performansı sergileyen bir elektrokapasitör elde edilmiştir[49].

Mirjalili ve arkadaşları, öğütülmüş buğday kapçığının sudaki reaktif boyaları uzaklaştırmak için absorban olarak kullanmışlardır. Bunun için öğütülmüş buğday kapçığını Nitrik Asit, Hidroklorik Asit, Sülfürik Asit, Hipoklorit Asit, Fosforik Asit ve Sodyum Klorür çözeltisi ile modifiye ederek belli yüzdede reaktif boya içeren çözeltideki boyanın ne kadarını absorbe ettiğine bakmışlardır. Hipoklorit asitle modifiye edilmiş buğday kapçığının % 94,58 oranında boyayı adsorbe ettiğini ve en iyi sonucu verdiğini bulmuşlardır[50].

Bledzki ve arkadaşları, buğday kabuğu, çavdar kabuğu ve yumuşak odun liflerini termoplastik polipropilen kompozit içinde takviye malzemesi olarak kullanmak üzere önce bu malzemelerin çeşitli fiziksel özelliklerini incelemiştir. Daha sonra malzemeleri kompozit üretiminde kullanarak elde edilen kompozitlerin kopma darbe dayanımları test edilmiştir. Buna göre buğday ve çavdar kabuğunun karbon içeriğinin

odun lifinden yüksek olduğu, buğday kabuğunun en fazla silikon içeren malzeme olduğu, buğday kabuğu kompozitinin yumuşak odun kompozitine göre %15 daha fazla darbe dayanımına sahip olduğu, çavdar kabuğu kompozitinin, yumuşak odun kompozitine göre %110 daha fazla kopma uzamasına sahip olduğu sonuçları elde edilmiştir[12].

Cui ve arkadaşları, buğday kabuğunu kullanarak gözenekli, silisyumlu lignin mikropartikülleri elde etmişlerdir. Partiküllerin lignin kütle oranını etkileyen en önemli parametrenin çözelti PH'ı olduğunu ve elde edilen mikropatiküllerin metal iyonlarını emme yeteneğinin, yine buğday kapçığından elde edilen soda ligninine göre çok daha iyi olduğunu göstermişlerdir[13].

Tran ve arkadaşları, 3 farklı yüzey aktifleştirme işlemi uyguladıkları siyez buğdayı kapçıklarını Polilaktik Asit içine katarak elde ettikleri kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemiştir. Uygulanan yüzey aktifleştirme işlemlerinden ilki alkali ile muamele, ikincisi ise iki farklı silan bileşiği ile muameledir. Üçüncü işlemde ise alkali işlem görmüş kapçıklar, silan bileşikleri ile muamele edilmiştir. Daha sonra elde edilen farklı ön işlem görmüş siyez buğdayı kapçıkları, polilaktik asit granülleri ile karıştırılarak mikroenjeksiyon yöntemi ile kompozit malzeme üretilmiş ve özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak sadece alkali işlem yapılmış kapçıkların katıldığı biyokompozitte mekanik özelliklerin iyileşmediği görülmüştür. Sadece silan bileşikleri ile işlem yapılmış kapçıkların katıldığı biyokompozitte hem mekanik özelliklerin hem de termal stabilitesinin arttığı gözlenmiştir. Önce alkali ve daha sonra silan bileşikleri ile işlem gören buğday kapçıklarının katıldığı biyokompozitin termal stabilitesinin ve meknik özelliklerinin, sadece silanla işlem gören buğday kapçığı ile üretilen biyokompozitten de daha iyi olduğu gösterilmiştir[3].

Moheb ve arkadaşları, trisin (5,7,40-trihydroxy-30,50-dimethoxyflavone) adı verilen ve kemopreventif (kanseri gelişmesini önleyen, gelişmiş kanseri yavaşlatan ya da yok eden) özellikte olduğu bilimsel çalışmalarda gösterilmiş bir flavonoidin önce buğdayın hangi kısmında en yüksek oranda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu maddenin en yüksek olarak buğday kapçığında bulunduğunu belirleyip daha sonra da atık olarak görülen ve ucuz bir malzeme olan buğday kapçığından trisin elde etmişlerdir[51].

Ayrıca literatürde farklı doğal malzemelerle yapılmış güç tutuşurluk çalışmaları da bulunmaktadır.

S.Wazed Ali ve arkadaşları, bitki atığı olan nar kabuğu, muz kabuğu ve hindistan cevizi kabuğunu kullanarak pamuklu kumaşlar için alev geciktirici uygulaması yapmışlardır. Kontrol kumaşı ve işlem görmüş kumaşların yanıcılık değerlendirmeleri için LOI değerleri ölçülmüştür. Ayrıca kumaşlara IS 13501 standardına göre dikey yanmazlık testi uygulanmıştır. Yapılan LOI ölçümlerinde kontrol kumaşındaki 18 LOI değeri işlem görmüş kumaşlarda en düşük 21 –en yüksek 32 olarak ölçülmüştür. Burada en iyi değerler Nar Kabuğu Ekstresi ile elde edilmiştir. Dikey yanmazlık testinde de kontrol kumaşının, çok kolay tutuşarak daha alev çekilme süresi tamamlanmadan 10 sn. içinde tamamen yandığı; işlem görmüş kumaşların daha zor tutuştuğu, alev yayılma hızlarının çok düşük olduğu ve 12 sn sonunda alev çekildikten sonra kendi kendine sönebildikleri görülmüştür. Bu testte de Nar Kabuğu Ekstresi ile işlem görmüş kumaşlar en iyi sonuçları vermiştir[52].

S.Basak ve arkadaşları, ıspanak suyu kullanarak pamuklu kumaşın yanıcılık özelliklerini iyileştirmek amacı ile bir çalışma yapmıştır. Kumaşların LOI değerleri ve dikey yanmazlık testi sonuçları kontrol edilmiştir. Pamuğun 18 olan LOI değerinin ıspanak suyu yüzdesi artışına göre sırasıyla 26-28 ve 30 olacak şekilde arttığı gözlenmiştir. Dikey yanmazlık testinde de yine kontrol numunesi tamamen yanarken, ıspanak suyu ile işlem görmüş kumaşların yanmalarının sınırlandığı ve tamamen sönebildikleri görülmüştür. Çalışmada ıspanak suyu uygulanmış kumaşların yıkama dayanımı da test edilmiş ve yıkama sonrası güç tutuşurluk özelliğinin kaybolduğu görülmüştür[30].

Xu-Hong Yang ve arkadaşları Fitik asit (PA), Nanotitanyum oksit ve polikarboksilik asit kullanarak ipek için alev geciktirici bir uygulama geliştirmişlerdir. Polikarboksilik asit olan bütan tetra karboksilik asit (BTCA), nano titanyum dioksitin ipek yüzeyine yapışmasını stabilize etmek için kullanılmıştır. BTCA ipek ve pamuk kumaşlar için kullanılan bir çapraz bağlayıcı ajandır. Sodyum Hipofosfit (SHP) ile birlikte kullanıldığında pamuk ve ipeğin yapısındaki hidroksil grupları ile eter bağları oluşturarak yüzeye bağlanır. Kumaşlara LOI testi uygulanmıştır. LOI testi sonucu ipeğin 24,8 olan LOI değerinin fitik asit içeren tüm numunelerde (yanındaki madde ne olursa olsun) 31,5 seviyesine çıktığı görülmüştür. PA içermeyen numunede ise artış sadece 26,5 değerine ulaşacak kadar olmuştur[53].

Jenny Alongi ve arkadaşları, pamuk, polyester ve polyester/pamuk karışım kumaşları kazeinle muamele edip güç tutuşurluk özelliklerini incelemişlerdir. Kumaşların yanma

davranışlarını karakterize etmek için LOI testi ve ASTM D2863 standardına göre yatay yanmazlık testi uygulanmıştır. Yatay yanmazlık testinde kumaşlar, 3 sn. boyunca 25 mm.boyunda metan alevine tutulmuş ve tutuşma davranışları incelenmiştir.

Alevlenme testlerinde kontrol kumaşlarının hızlı bir şekilde tutuştuğu ve yandığı gözlemlenmiştir. Burada %100 pamuk olan ve Polyester/Pamuk karışım olan kumaşlar yanarak tamamen tükenmiştir. Ancak kontrol kumaşlarından farklı olarak kazeinle işlem görmüş kumaşlarda toplam yanma süresinin azaldığı ve yanmadan sonraki kalıntı miktarının arttığı görülmüştür. Kumaşlar tamamen tükenecek şekilde yanmamışlardır. Hatta kazeinle işlem görmüş %100 pamuklu kumaş, ilk alev uygulamasından sonra kendi kendine sönmüş ve tutuşturmak için 2.bir alev uygulamasına ihtiyaç duyulmuştur.Kazeinle işlem görmüş polyester kumaşta kumaştaki damlamaların tamamen engellenemediği ama belirgin şekilde azaldığı görülmüştür. Ayrıca yanma sonrası kalıntı miktarı da artmıştır. Karışım kumaşta da toplam yanma zamanı artmış ve alev yayılma hızı düşmüştür. LOI değerleri incelendiğinde kazeinin özellikle pamuk kumaşta LOI değerini anlamlı derecede arttırdığı görülmüştür. (18 `den 24 `e) . Polyester kumaştaki LOI değeri de 21`den 26 `ya çıkaraj anlamlı derecede artmıştır. Ancak karışım kumaştaki değişim 19 ve 21 değerleri ile sadece 2 puan artış şeklinde görülmüş ve çok anlamlı değerlendirilmemiştir[54].

X.Wang ve arkadaşları tavuk tüyünde bulunan keratin proteinini kimyasal yollarla izole ederek güç tutuşurluk ajanı olarak kullandıkları bir çalışma yapmışlardır. Pamuklu kumaş sadece elde edilen kimyasalla hazırlanan çözeltiye ve elde edilen kimyasal ile birlikte boraks ve borik asit de içeren çözeltiye daldırılarak 140 C`de fikselenmişlerdir. Karşılaştırma örneği olarak hiç kimyasal içermeyen pamuklu kumaş ve sadece boraks/borik asit çözeltisi ile işlem görmüş pamuklu kumaş kullanılmıştır. Elde edilen numunelerin yanıcılığı, GBIT5455-1997 standardına göre dikey yanmazlık testi ve LOI testi yapılarak ölçülmüştür. Dikey yanmazlık testinde numuneler 1 inch boyundaki aleve 12 sn. maruz bırakılarak yanma davranışları incelenmiştir. LOI ölçümlerinde yeni sentezlenen kimyasal ile işlem gören kumaşla boraks/borik asit çözeltisi ile işlem gören kumaşın LOI değerlerinin hiç işlem görmemiş kumaşa göre ciddi derecede arttığı ve birbirleri ile benzer olduğu görülmüştür. Pamuğun 18 olan LOI değeri iki çalışma için sırasıyla 30,1 ve 29,5`e

çıkılmıştır. LOI değeriindeki en büyük artış ise hem yeni sentezlenen kimyasal hem de boraks/borik asit ile işlem gören kumaşta görülmüş ve 39,9 olarak ölçülmüştür. Yanma davranışı olarak incelendiğinde de yine hem yeni kimyasal hem de boraks/borik asit içeren kumaşın alevlenme süresinin en kısa olduğu gösterilmiştir. Ancak yeni sentezlenen kimyasalın tek başına kullanıldığından alev geciktirici etkisinin yüksek olmadığı görülmüştür[31].

Tong-Tong Yang ve arkadaşları, Dioscorea cirrhosa yumrusundan türetilmiş yoğunlaştırılmış tanini, ipek dokuma kumaş için yeni ve çevre dostu bir alev geciktirici madde olarak denemişlerdir. Çeşitli konsantrasyonlarda DC ekstraktıyla işlem görmüş ipek kumaşların yanıcılığını değerlendirmek için LOI ve dikey yanma testleri uygulanmıştır. İşlem görmüş ipek numunelerinin hepsinin ipek kumaşın % 24.7 olan LOI değerini, % 30.7 seviyesine kadar çıkarabildiği görülmüştür. Ayrıca dikey yanma testlerinde de işlem görmemiş kumaştaki 30 cm.'ye kadar uzayan char uzunluğunun 10 cm.ye kadar düştüğü gözlenmiştir. En düşük konsantrasyondaki (37,5 gr/lt) uygulamada bile tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir[14].

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

2.1.1 Kumaş özellikleri

Çalışmada Çizelge 2.1`de özellikleri belirtilmiş olan % 100 güç tutuşur polyester iplikten kullanılmış kumaş, dokuma sonrası hali ile ham olarak kullanılmıştır. Bu kumaş, Berteks Tekstil Tic.San.AŞ.`den temin edilmiştir.

Çizelge 2.1: Kaplama denemelerinde kullanılan kumaşın özellikleri.

	Çözü	Atkı
İplik Cinsi	1-Ybr-565 Fiksesi Fantezi Nope * 2-Ybr-566 Fiksesiz Fantezi Nope * 3- 150/48/372Z Tekstüre Yarım Güç Tutuşur Polyester	1- Ybr-565 Fiksesi Fantezi Nope * 2- Ybr-566 Fiksesiz Fantezi Nope * 3- 75/72 Tekstüre Yarım IMG Güç Tutuşur Polyester
Sıklık	Çözü : 33,5 – Atkı : 36,5 tel/cm	
Örgü Yapısı	Bezayağı	
Gramaj	400 gr/m ²	

*Bu iplikler Berteks`in özel olarak ürettiği fantezi iplikler oldukları için Berteks kodlama sistemine göre adlandırılmışlardır. İpliklerin içeriği, Çizelge 2.2`de verilmiştir.

Çizelge 2.2: Fantezi ipliklerin içerikleri.

İplik Adı	İçerik
Ybr-565 Fiksesiz Fantezi Nope	300/288 Tekstüre Yarım Güç Tutuşur Polyester (4 kat) 68/24 Ham Yarım Güç Tutuşur Polyester (1 kat) 300/288 Tekstüre Yarım Güç Tutuşur Polyester (1 kat)
Ybr-566 Fiksesiz Fantezi Nope	300/288 Tekstüre Yarım Güç Tutuşur Polyester (1 kat) 68/24 Ham Yarım Güç Tutuşur Polyester (1 kat) 6/1 Güç Tutuşur Kesik Elyaf Flam (1 kat)

2.1.2 Kullanılan buğday kapçığı

Denemelerde kullanılan buğday kapçığı için gerekli olan buğday, Sivas ili, Şarkışla ilçesi, Oluktaş köyü, Dangaz mevkiinden toplanan Betosa buğdaylarından elde edilmiştir.

2.1.3 Farklı boyutlarda öğütülmüş kapçık eldesinde kullanılan cihazlar

Buğday kapçığının eldesi için Bursa Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarında bulunan öğütme ve eleme makineleri kullanılmıştır. Kullanılan cihazların özellikleri ve Çizelge 2.3`te verilmiştir.

Çizelge 2.3: Farklı boyutta kapçık eldesinde kullanılan cihazlar.

Cihaz Adı	Marka ve Model
Öğütme Makinesi	Fritsch Pulverisette 14 (Şekil 2.2)
Eleme Makinesi	Retsch AS 300 Control (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Eleme Makinesi.



Şekil 2.2 Öğütme Makinesi.

2.1.4 Kaplama patı hazırlama ve kaplama işleminde kullanılan kimyasal ve cihazlar

Kaplama işlemleri için Berteks Tekstil Tic.San.AŞ.`nin kaplama laboratuvarı kullanılmıştır. Kaplama patında kullanılan ticari kimyasallar Çizelge 2.4`te verilmiştir.

Çizelge 2.4 :Kaplama patında kullanılan kimyasallar.

Kimyasal Adı	Üretici Firma	Kullanım Amacı	Kimyasal Yapı
Tubicoat HC04	CHT -Bezema	Akrilik Binder	Poliakrilat
Ruco-Coat PU 8521	Rudolf-Duraner	Poliüretan Binder	Alifatik Polyester Poliüretan Dispersiyonu
Tubivis Star	CHT -Bezema	Kıvamlaştırıcı	Karboksilik asit polimerlerinin amonyum tuzu
Dispersant K 850	Organik Kimya	Dispergator	Polikarboksilik asit, sodyum tuzu
Sodyum Alginat	Alfasol	Kıvamlaştırıcı	Sodyum Alginat

Kullanılan standart kaplama reçetelerine ek olarak iki farklı nanoboyutta kimyasalla katkı ile de denemeler yapılmıştır. Kullanılan nanokimyasalların özellikleri, çizelge 2.5`te verilmiştir.

Çizelge 2.5: Kaplama patında katkı olarak kullanılan nanokimyasallar.

Kimyasal Adı	Üretici Firma	Kimyasal Yapı
GRAFEN®-iGP	Grafen Chemical Industries CO	Genel Amaçlı Endüstriyel Grafen Nanopetler [55]
Gümüş Nanoteller	Nanovatif Malzeme Teknolojileri Ltd.Şti	Gümüş nanoteller polyol yöntemiyle üretilmiştir (Polyol Synthesis makalesine atıf). Üretim sonrası santrifüj yöntemiyle saflaştırılarak deiyonize su içerisinde dağıtılarak homojen süspansiyonlar elde edilmiştir. Süspansiyon içerisindeki gümüş nanotel konsantrasyonu 2mg/ml olacak şekilde ayarlanmıştır.[56],[57]

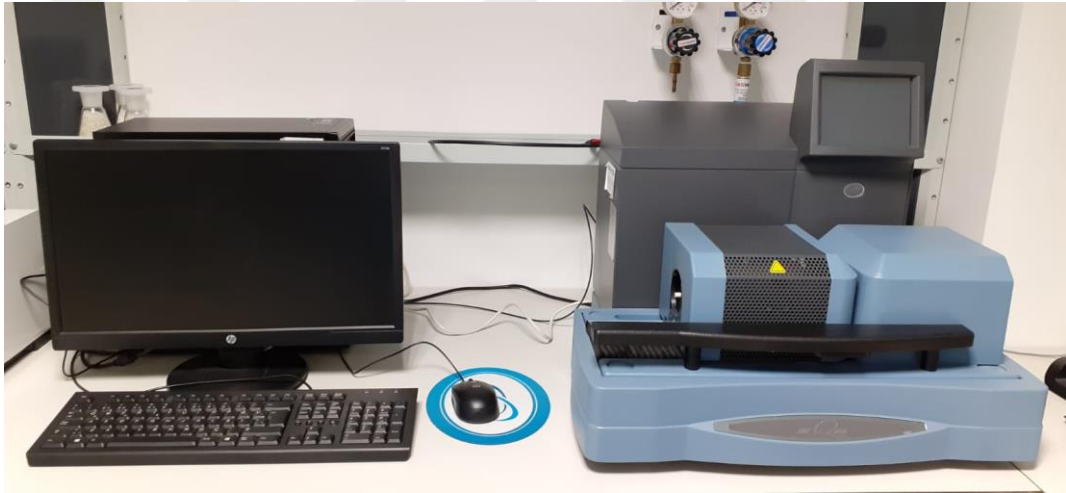
Kaplama işlemleri için kullanılan cihazların marka ve modelleri, Çizelge 2.6`da verilmiştir.

Çizelge 2.6: Kaplama işleminde kullanılan laboratuvar cihazları.

Cihaz Adı	Marka ve Model
Terazi	Murbay Seles TP-2A
Mikser	Ataç MX-01 01 P
Mikser	Mtops MS-HS320
Mini Ram	Ataç GK-40-E
Mini Ram	Qyni
Ataç RGK-40	Rakle

2.1.5 TGA analizi

Öğütülmemiş buğday kapçığının TGA ölçümleri için Bursa Butekom Test Laboratuvarındaki TA Instruments SDT-Q600 Simultaneous TGA/DSC cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: TGA ölçümünde kullanılan cihaz.

2.1.6 Güç tutuşurluk testleri

Güç tutuşurluk testleri için Berteks Tekstil Tic.San.AŞ. Fizik Laboratuvarındaki test cihazları kullanılmıştır. Kullanılan cihazların marka ve modelleri Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7: Güç tutuşurluk testlerinde kullanılan cihazlar.

Cihaz Adı	Marka ve Model
Flexiburn Dikey Çerçeve Tekstil Tutuşurluk Test Cihazı	James&Heal (Şekil 2.5)
Polynorm 504	Ryclobel Group (Şekil 2.4)



Şekil 2.4: Polynorm 504 test cihazı.



Şekil 2.5: Flexiburn Dikey Çerçeve Tekstil Tutuşurluk Test Cihazı.

2.2 Metod

2.2.1 Öğütülmüş buğday eldesi

2.2.1.1 Buğdayın toplanması

Buğdaylar, 25 Temmuz 2018'de biçilmeye yakın zamanda aynı zamanda bu tezin danışmanı olan Prof.Dr.Kenan Yıldırım tarafından toplanmışlardır. Toplanan buğdaylar, 3 gün boyunca güneşte kurumaya bırakılmıştır Şekil 2.6, toplama aşamasını göstermektedir.



Şekil 2.6:Buğdayın toplanması.

2.2.1.2 Buğdayın ezilmesi

Toplanan buğdaylar, araba ile ezilerek tanelerin sap ve kapçıktan kaba olarak ayrılması sağlanmıştır. Şekil 2.7, ezilme aşamasını göstermektedir. Şekil 2.8`de ise ezilmiş buğday görülmektedir.



Şekil 2.7: Buğdayın ezilmesi.



Şekil 2.8: Ezilmiş buğday.

2.2.1.3 Tane ve kapçığın kaba ayrımı

Ezme işleminden sonra tane ve kapçıkların birbirinden ayrılması için eleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Normalde eleme işleminde amaç, buğday tanelerini elde etmektir. Bu yüzden eleme sırasında tanelerden ayrılan kapçığın rüzgar vb. etkilerle uzaklaşması istenir. Ama bu defa yapılan işlem sırasında taneden ayrılan buğday kapçığının uçarak dağılması, kapçıkların toplanmasını zorlaştırmıştır. Şekil 2.9, eleme işlemini göstermektedir.



Şekil 2.9: Buğdayın elenmesi.

2.2.1.4 Kapçığın ayıklanması

Kaba eleme ile elde edilen buğday kapçıkları, hala bir miktar buğday tanesi ve sapı içerdiği için bir sonraki aşamada elle hassas ayıklama işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.10, hassas ayıklama işlemini göstermektedir.



Şekil 2.10: Buğday kapçığının hassas ayıklanması.

2.2.1.5 Kapçığın öğütülmesi

Öğütme sırasında 1 mm. boyutunda trapezoidal (İkizkenar yamuk) delikli paslanmaz çelik elek kullanılmıştır. Öğütme, her seferinde 12 rpm hızda 1 dk olarak gerçekleştirilmiştir. Arka arkaya yapılan öğütmelerde, cihazdaki ısınmadan dolayı olduğu düşünülen, öğütülen kapçıkların renginde kararmalar olmuş, bu sebeple öğütme işlemi, her seferinde cihazın soğuması beklenecek aralıklı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürün, fırça yardımı ile elek ve cihazın diğer parçalarından temizlenmiş ve bir poşette toplanmıştır. Renk değişimi olan ürünler kullanılmamıştır. Şekil 2.11, öğütme aşamasını göstermektedir.



Şekil 2.11: Buğday kapçığının öğütülmesi.

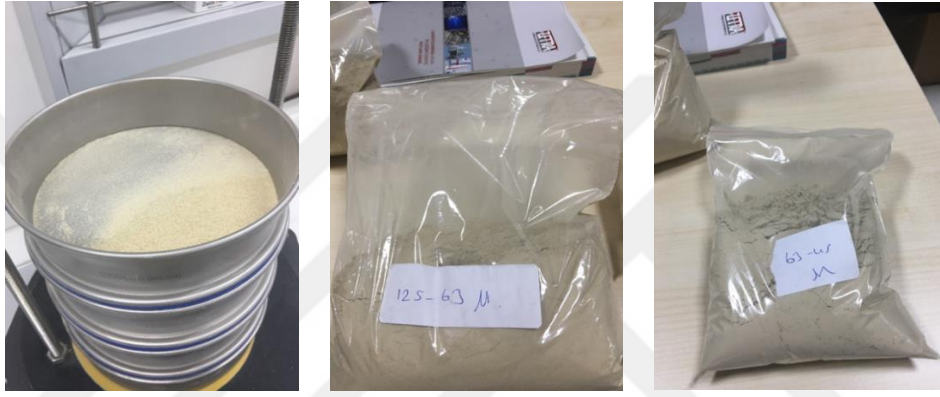
2.2.1.6 Öğütülmüş kapçığın boyutlarına göre elenmesi

Bu işlem için 250 μ m, 125 μ m ve 63 μ m boyutlarındaki 3 farklı elek, büyükten küçüğe doğru üst üste yerleştirilmiştir. 2,2 mm genlik ile ve 3 dk süre boyunca eleme

işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece her elemde aşağıdaki 4 farklı boyutta ürün elde edilmiştir:

- >250 μm
- 125-250 μm
- 63-125 μm
- 63-45 μm

Elde edilen ürünler, kilitli poşetlerde biriktirilmiştir. Şekil 2.12, eleme işlemi ve eleme sonrası elde edilen ürün örneklerini göstermektedir.



Şekil 2.12: Farklı boyutlarda ayrılmış öğütülmüş buğday kapçığı.

2.2.1.7 Kaplama patı hazırlanması

Kaplama patı hazırlığı için çizelge 2.8'de belirtilen oranlarda kimyasallar aşağıda belirtilen sıra ile eklenerek 500 rpm hızda karıştırılmıştır. Bu şekilde toplam 1000 gr.'lık bir stok kaplama patı elde edilmiştir.

Çizelge 2.8: Baskı patında kullanılan kimyasalların oranları.

Kimyasal Adı	Miktar
Binder	100 gr. (%10)
Dispergator	10 gr. (%1)
Kıvamlaştırıcı	40-50 gr. arası (vizkoziteye göre)
Su	840-850 gr. arası (eklenen kıvamlaştırıcı miktarına göre)

- Gerekli ticari binderin tamamı ve suyun 100 ml.eksiği 5 dk. süre ile karıştırıldı.

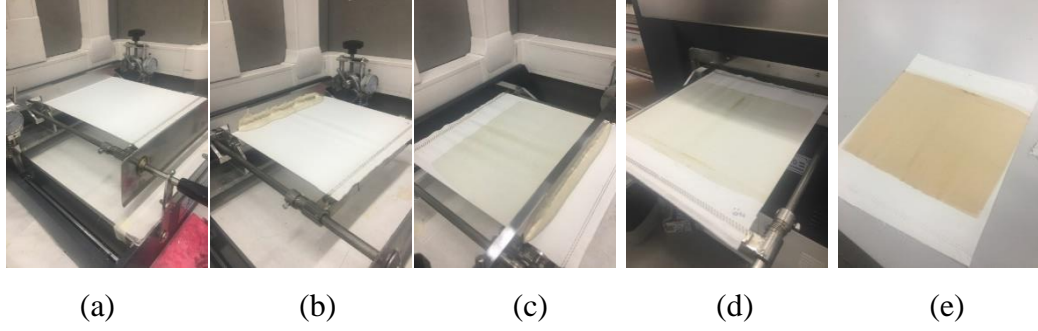
- Dispergator eklenip 2.dk süre ile karıştırıldı.
- Kıvamlaştırıcı, aralıklarla 3`er gr. eklenip her seferinde 10 dk. karıştırıldı. Her karıştırma süresi sonunda karışımın vizkozitesi ölçüldü. Vizkozite, 5000-6000 cps (santipoise) olana kadar bu işleme devam edildi. Vizkozite 4000 cps (santipoise) seviyesine ulaştıktan sonra eklenen kıvamlaştırıcı miktarı her seferinde 1gr. a düşülerek vizkozite takip edildi. Böylece hedeflenen vizkozite değerinin aşılması sağlandı. Eklenen toplam kıvamlaştırıcı miktarı kaydedildi.
- İstenen vizkozite sağlandığında eksik kalan su miktarı eklendi ve 5 dk. karıştırıldı. Son vizkozite değeri ölçüldü. Bu değerin 5000 cps (santipoise) altında kalmamasına dikkat edildi.

Elde edilen stok kaplama patı, kaplama işlemi için yeterli olacak 250 gr. lık farklı boyutlarda buğday kapçığı, nanogümüş ya da grafen de içeren patların hazırlanması için kullanıldı. Bunun için örneğin % 20 buğday kapçığı içeren bir pat hazırlamak için elde edilen stok pattan 200 gr. – buğday kapçığından 50 gr. alınarak 10 dk. süre ile karıştırıldı. Yapılan denemelerin ayrıntıları, Çizelge 2.10 ve 2.11`de verilmiştir. Denemeler genelde akrilik reçine ile yapılmıştır. Akrilik reçinede yanma davranışı geliştirilmiş uygulama reçeteleri, poliüretan reçine ile de denenmiş olup sadece katkı maddesi partikül boyutu değiştirilerek farklı reçeteler uygulanmıştır.

2.2.1.8 Kaplama işleminin yapılması

Kaplama işlemi; çözgü yönünde kesilmiş kumaşların mini-ram numune tutucuya (gerdirici) yerleştirilmesinden sonra ram önünde boşlukta bıçakla kaplama metodu ile yapılmıştır (Şekil 2.13).

Kaplanmış kumaş, mini ramda çizelge 2.10 ve 2.11`de her deneme için belirtilen şartlara uygun olarak kurutuldu. Birden fazla kat içeren kaplamalarda bu işlem kat sayısına göre tekrarlandı.



Şekil 2.13: Kaplama işleminin yapılması.

2.2.2 Güç tutuşurluk testleri :

Elde edilen kaplanmış kumaşlara çözümlü yönünde ve kaplamalı yüzlerine olacak şekilde aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan güç tutuşurluk testleri yapılmıştır :

2.2.2.1 Fransız M1 yanmazlık testi:

Piyasada M1 olarak bilinen yanmazlık testi Fransa`da geçerli olan bir standarttır. Aslında bu standart, malzemeyi M0-M1-M2-M3-M4 şeklinde 5 farklı sınıda ayırmak için uygulanan bir dizi testin adı gibi düşünülebilir. Tekstil endüstrisinde kumaşlardan beklenti genelde kumaşın M1 sınıfına girmesi olduğu için test piyasada Fransız M1 testi olarak anılmaktadır. M0 sınıfında olabilmesi için beton ya da mineral bazlı yapı malzemesi olması gerekmektedir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için malzeme cinsine göre uygulanan farklı test standartları mevcuttur. Bu standartlardan başlıcaları:

NF P 92-501: Yapı malzemeleri-Yangın testlerine verilen reaksiyon, sert malzemeler ya da 5 mm.den kalın esnek malzemeler için kullanılan radyasyon testi.

NF P 92-503: 5 mm.den ince esnek malzemeler için elektrikli yakıcı testi

NF P 92-504:Sert bir yüzeye yapıştırılması amaçlanmayan malzemeler için alev yayılma hızı testi. Tamamlayıcı test .

NF P 92-505: Eriyen malzemeler için kullanılan elektrikli ısıtıcı damlama testi .

NF P 92-506: Yangına karşı güvenlik, yapı malzemeleri, yangın testlerine reaksiyon, döşeme için radyant panel testi.

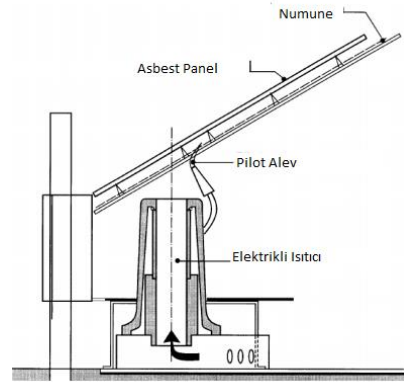
NF P 92-507: Yapı malzemeleri ve mefruşat (perde ve halı gibi) ürünleri-Yangına verilen reaksiyona göre sınıflandırma

NF P 92-512: Yangına karşı güvenlik; binalar; Yangın testlerine verilen tepki. Yangın reaksiyonunun dayanıklılığının belirlenmesi (Malzemelerin sınıflandırılması)(NF P

92-503: M classification combustion test _France Standard_Smart Products Service Co.,Ltd)Genel olarak erime özelliğine sahip sentetik tekstil ürünleri için NF P 92 503 – NF P 92 504 ve NF P 92 505 testleri, alınan test sonuçlarına göre kademeli olarak uygulanmakta ve sınıflandırma yapılmaktadır.

2.2.2.2 NF P 92 503 - 5 mm.den ince esnek malzemeler için elektrikli yakıcı test metodu

Tekstil materyalleri için ana test metodudur. Teste bu standartla başlanır. Bu standartta görülen bazı sonuçlara göre NF P 92 504 ve NF P 92 505 testleri de yapılır. Bu test metodunda, test edilecek tekstil materyali, 30 C'lik bir açıyla bir elektrikli ısıtıcının üzerine yerleştirilir ve belli aralıklarla kumaş yüzeyine propan alevi içeren bir alev kaynağı uygulanır. Tüm bu işlemler sırasında kumaştan yanarak düşen damlamalar ve parçacıklar, ayrıca kumaş yüzeyinde tutuşma olduysa bu tutuşmanın süresi kaydedilir. Kumaştan yanmadan sadece eriyerek düşen damlamalar önemli değildir. Damlamanın kayıt altına alınması için mutlaka alevli bir şekilde kumaştan kopması ve yine alevli olarak zemine ulaşması gerekir. Test bittikten sonra numunede oluşmuş açıklık da en ve boy olarak ölçülerek kaydedilir [58]. Şekil 2.14'te test cihazının şematik olarak gösterilmiştir.

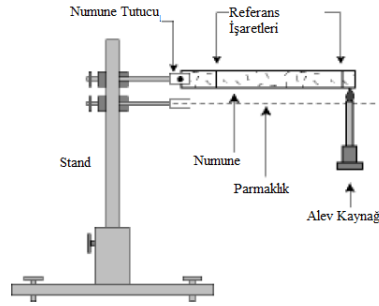


Şekil 2.14: NF P 92 503 test cihazının şematik gösterimi.

2.2.2.3 NF P 92 504 - Sert bir yüzeye yapıştırılması amaçlanmayan malzemeler için alev yayılma hızı test metodu

NFP 92 503 elektrikli yakıcı testinde malzemede bir erime görülmesi durumunda bu test uygulanır. Bu testte numune, dikey ve gergin olarak asılmış durumdadır.

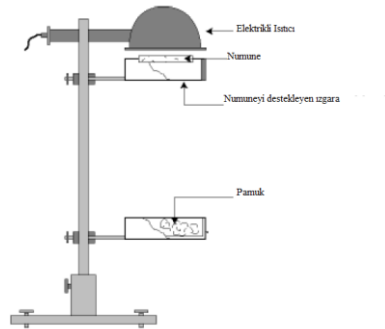
Numuneye 45 C açıyla ve 5 sn. süreyle propan alevi uygulanır. 5 sn. `nin sonunda alev çekildikten sonra kumaş yüzeyinde devam eden alevlenmenin süresi kaydedilir. Ayrıca kumaştan yanarak uzaklaşan ve zemine düşen damlamalar ve parçacıklar varsa bunlar da kaydedilir. 503 testinde olduğu gibi kumaştan yanmadan sadece eriyerek düşen damlamalar önemli değildir. Damlamanın kayıt altına alınması için mutlaka alevli bir şekilde kumaştan kopması ve yine alevli olarak zemine ulaşması gerekir. Şekil 2.15`te test cihazının şematik olarak gösterilmiştir[59].



Şekil 2.15: NF P 92 504 test cihazının şematik gösterimi.

2.2.2.4 NF P 92-505: Eriyen malzemeler için kullanılan elektrikli ısıtıcı damlama test metodu

NF P 92 503 testinde damlama görülmesi durumunda ek olarak bu test de yapılır . Numune, elektrikli bir radyatör altındaki ızgaraya yerleştirilir. Eriyecek olan numunedan düşen damlamaların toplanması için ızgaranın altına pamuk yerleştirilir. 5 dk. Boyunca radyatörden uygulanan ısının etkisiyle düşen damlamaların alttaki pamuğu tutuşturup tutuşturmadığı izlenir. Tutuşma olması durumunda kaydedilir.. Şekil 2.16`da test cihazının şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 2.16: NF P 92 505 test cihazının şematik gösterimi.

2.2.2.5 Tekstil malzemeleri için NF P 92 503-504 ve 505 test sonuçlarına göre sınıflandırmanın yapılması

Üstte anlatılan üç testte yapılan gözlemlere göre test edilen kumaşla ilgili sınıflandırma yapılır. Çizelge 2.9, sınıflandırma kriterlerini özetlemektedir.

Çizelge 2.9: M1 testi için sınıflandırma tablosu.

Metod	SINIFLANDIRMA				
NFP 92 505	-	Pamukta Tutuşma Yok	Pamukta Tutuşma Yok	Pamukta Tutuşma Var	Pamukta Tutuşma Var
NFP 92 503	Damlama Yok	Yanan Damlama Yok	Yanan Damlama Var	Yanan Damlama Yok	Yanan Damlama Var
Tutuşma Zamanı ≤ 5 sn.	M1	M1	M2	M4	M4
Tutuşma Zamanı ≥ 5 sn ve Açıklığın Boyu < 350 mm.	M2	M2	M3	M4	M4
Tutuşma Zamanı ≥ 5 sn ve Açıklığın Boyu 450- 600 mm., Eni < 90 mm.	M3	M3	M4	M4	M4
NFP 92 504	-	-	M4	M4	M4

2.2.2.6 IMO FTP Code Part 7 test metodu

IMO, International Maritime Organization- Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün kısaltmasıdır. Örgüt, Birleşmiş Milletler'e bağlı olarak çalışmaktadır ve deniz taşımacılığının emniyetinden ve çevre kirliliğini önlemesinden sorumludur. Uluslararası deniz taşımacılığı, küresel ticaretin %80'inin gerçekleştiği alandır[60]. Dolayısıyla bu kadar yoğun kullanılan bir taşımacılık metodunda hem insanlar hem de taşınan malzemeler açısından güvenliği ve sürdürülebilirliği sağlamak önem kazanmaktadır.

Yolcu taşıyan bir gemide bir yangın sırasında yangın büyümeden çok sayıda insanın tahliye edilmesi gerekmektedir. Ya da bir yük gemisi, yanıcı bir yük taşıyor olabilir. Ve bu yükle ilgili bir yangının farklı kaynaklarla tetiklenmemesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda IMO, ilk etapta yangının hiç başlamaması, bir yangın başlamışsa da ilerlemeden söndürülmesi için gemideki aksamlara yönelik

düzenlemeler yayınlamıştır. Bu düzenlemelere halı, duvar kaplaması, perde gibi tekstil yüzeyleri de dahildir [61].

Bu kapsamda FTP- Fire Testing Procedure- Yangın Test Prosedürü adı altında bir doküman yayınlanmış ve bu dokümanda farklı gemi aksamlarına uygulanması gereken güç tutuşurluk test metodları açıklanmıştır. Bu belgede Part 7 olarak ifade edilen test, dikey durumdaki tekstil yüzeyleri ya da filmlere uygulanacak güç tutuşurluk testidir [62].

Basit olarak anlatılacak olursa bu metotta 4 adet en ve 4 adet boy yönünde hazırlanmış ve dikey olarak asılmış numunelerin alt kısmına daha önce 100 °C sıcaklıkta kurutulmuş pamuk yerleştirilir. 45 (edge-kenar) ve 90 °C`lik (surface- yüzey) açılarla 40 mm. boyundaki propan gazı alevi, 5 ve 15 sn. boyunca numune yüzeyine uygulanır. Test sırasında aşağıdaki gözlemler yapılarak kayıt altına alınır.

-Süre dolup alev çekildikten sonra devam eden alevlenme varsa süresi.

-Alta konulan pamukta oluşan tutuşma.

-Test sonuçlandıktan sonra numunede oluşan açıklığın boyu.

-Test sırasında ya da sonrasında yüzeyde parlama şeklinde alevlenme olup olmadığı ve bu alevlenmenin alev kaynağından uzaklığı [62].

Bu numunelerin testleri bittiğinde test edilen numunelerden atkı ve çözgü yönünde en kötü sonuca sahip olan iki adet numune seçilip, atkı ve çözgü yönünde 5`er adet daha numune, o numunelerle aynı şartlarda test edilir [62].

Tüm bu gözlemler sonrası tüm numunelerde aşağıdaki kriterler sağlanıyorsa test sonucu başarılı olarak değerlendirilir:

-Herhangi bir örnekte 5 sn.den uzun alevlenme yok.

-Herhangi bir örnek için kenarlara kadar ulaşan alev yayılımı yok.

-Herhangi bir örnek için pamukta tutuşma yok.

-Ortalama açıklık ≤ 150 mm.

-Herhangi bir numunede alev kaynağından 100 mm'den daha fazla uzaklıkta bir alev parlaması oluşmadı [63] . Bu test için Berteks Tekstil Fizik Laboratuvarında bulunan Flexiburn test cihazı kullanılmıştır .

2.2.2.7 ISO 15025 Koruyucu giysiler – Alev karşı koruma – Sınırlı alev yayılımı için test metodu :

Bu test, koruyucu giysiler için uygulanan bir alev yayılma testidir. Ancak uygulama metodu, dikey şekilde asılmış bir kumaşa alev tutulması şeklinde olduğundan özellikle perdelik kumaşlar için de karşılık bulmuş ve uygulanmıştır. IMO Part 7`de olduğu gibi dikey olarak asılmış test numunesinin altına belli bir mesafede filtre kağıdı olarak isimlendirilen bir kağıt yerleştirilir. 45 (edge-kenar) ve 90 °C`lik (surface- yüzey) açılarla 40 mm. boyundaki alev, (kullanılan gaz, propan, bütan ya da propan/bütan karışımı olabilir) 10 sn. boyunca numune yüzeyine uygulanır. Kullanılan yakıcının ucu da IMO Part 7`den farklıdır. IMO Part 7`de gaz çıkışının tek bir delikten olduğu bir yakıcı kullanılırken bu testte kullanılan yakıcıda gaz çıkışı 8 küçük delikten sağlanmaktadır. Yine IMO Part 7`den farklı olarak kumaşın altında pamuk değil, özel bir filtre kağıdı bulunmaktadır[64]. Test sonucunda aşağıdaki kriterler değerlendirilerek kumaşın testten geçip geçmediği belirlenir:

- Filtre kağıdında tutuşma olup olmadığı.
- Kumaşta oluşan alevlenmenin kumaş kenarına kadar ulaşıp ulaşmadığı .

Bu test için Berteks Tekstil Fizik Laboratuvarında bulunan Flexiburn test cihazı kullanılmıştır .

Çizelge 2.10: Kaplama Denemeleri.

DENEME NO	PARTİKÜL BOYUTU	MALZEME ORANI	KULLANILAN BİNDER	BİNDER ORANI	KULLANILAN KIVAMLAŞTIRICI	NANO KATKI MALZEMESİ VE ORANI	BİÇAK YÜKSEKLİĞİ	KAPLAMA KAT SAYISI	KURUTMA SÜRESİ	KURUTMA SICAKLIĞI
1	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1	1	2 DK	120 C
2	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1	1	2 DK	120 C
3	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	0	3	2 DK	120 C
4	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1 (Köpük bıçağı)	1	2 DK	120 C
5	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1	3	2 DK	120 C
6	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Sodyum Alginat	-	-1	3	2 DK	120 C
7	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	GÜMÜŞ NANOTEL %0,10	-1	3	2 DK	120 C
8	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	GRAFEN®-Igp %0,40	-1	3	2 DK	120 C
9*	125-250 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1	3	2 DK	120 C
10	-	0	Tubicoat HC04	10%	Tubivis Star	-	-1	3	2 DK	120 C
11	-	0	Ruco-Coat PU	10%	Tubivis Star	-	-1	3	2 DK	120 C
12	125-250 Mikron	20%	Ruco-Coat PU	10%	Tubivis Star	-	-1	3	2 DK	120 C

*Bu denemede buğday kapçığına önceden su emdirilmesi durumunda etkinliğinde değişiklik olup olmadığının gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 50 gr. buğday kapçığı 200 ml. Su ile karıştırılarak oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Elde edilen su çekmiş buğday kapçığı, yine aynı oranda kullanılarak kaplama denemesi yapılmıştır.

Çizelge 2.10: (Devam) Kaplama Denemeleri.

DENEME NO	PARTİKÜL BOYUTU	MALZEME ORANI	KULLANILAN BİNDER	BİNDER ORANI	BİNDER ORANI	KULLANILAN KIVAMLAŞTIRICI	NANO KATKI MALZEMESİ VE ORANI	BIÇAK YÜKSEKLİĞİ	KAPLAMA KAT SAYISI	KURUTMA SICAKLIĞI	KURUTMA SÜRESİ
13	63-125 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	-	-1	3	120 C	2 DK
14	45-63 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	-	-1	3	120 C	2 DK
15	<45 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	-	-1	3	120 C	2 DK
16	-	0%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	-	-1	1	120 C	2 DK
17	63-125 Mikron	20%	Ruco-Coat PU	10%		Tubivis Star	-	-1	3	120 C	2 DK
18	45-63 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	GRAFEN®-İgp %0,40	-1	3	120 C	2 DK
19	<45 Mikron	20%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star	GÜMÜŞ NANOTEL %0,10	-1	3	120 C	2 DK
20	45-63 Mikron	30%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star		-1	3	120 C	2 DK
21	<45 Mikron	30%	Tubicoat HC04	10%		Tubivis Star		-1	3	120 C	2 DK

Not: Deneme 1 ve 2'de tamamen aynı kimyasallar kullanılmıştır. Ancak uygulama farkı vardır. 1. denemede önce buğday kapçığı eklenip pat sonradan kıvamlaştırılmaya çalışılmış ancak buğday yoğunluğundan dolayı tam kıvamlaşma ve homojenlik sağlanamamıştır. 2. Denemede ise önce kıvamlaştırma yapılmış ve daha homojen patlar elde edildiği için diğer denemelere bu şekilde devam edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Buğday kapçığının akrilat ve poliüretan reçinelerle kaplanmış güç tutuşur polyester (PET) kaplamalı kumaşın tutuşabilirlik ve yanma davranışına etkisi tez ekinde verilen videolardan da görülmektedir. Test esnasındaki gözlemler ile video görüntülerinden elde edilen bulgular Çizelge 3.1`de özetlenmiştir.

10 nolu deneme, buğday kapçığı katılmamış akrilat reçine ile kaplanmış kumaş, 11 nolu deneme ise buğday kapçığı katılmamış poliüretan reçine ile kaplanmış kumaşlardır. 7 ve 18 nolu denemeler buğday kapçığına ilave olarak grafen katkı , 8 ve 19 nolu denemeler ise buğday kapçığına ilave olarak nano gümüş tel katkı eklenmiş kaplama patı ile kaplanmış kumaşlardır. Diğer denemelerde ise buğday kapçığı içeren pat kullanılarak kaplanmış, farklı partikül boyutu, farklı kaplama kalınlığı ve farklı son işlem şartları denenmiştir.

M1 standardizasyonunda kullanılan NFP 92-504 standart metodunda alev 5 saniye numune yüzeyine tutulduktan sonra yanma olsun veya olmasın alev tekrar aynı noktaya tutulmaz, hemen ilerisindeki aleve maruz kalmayan kısma tutulur. Bu şekilde yanmanın olmaması durumunda kumaş yanması zorlaştırılmış kumaş sınıfında yer alır. Bu şartlar altında 2, 10,11 ve 16 nolu denemeler M1 standardını sağlamaz iken, diğer denemelerin bu şartı sağladığı görülmüştür. Buğday kapçığının kumaşın yanma davranışını hangi seviyede değiştirdiğinin belirlenmesi amacıyla test şartları ağırlaştırılarak aynı noktaya kumaş tutuşuncaya kadar alev uygulanmıştır. 2,10,11ve 16 nolu denemelerde yanma esnasında kumaşta en ve boyu yönünde alev ilerlemesi ve eriyik damlamaları; yanma sonrasında ise, kumaşta büyük delikler, yanma kenarlarında erimeler oluşturmuştur.

Çizelge 3.1: Numunelerin NF P 92 504 metoduna göre yanma davranışları.

Deneme no	Tutuşma anı	Tutuşma süresi (s)	Sönme durumu	Yanma davranışı	Yanma sonrası görünüm
1	7. tutmada	35	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 1)	Şekil 3.2'ye benzer. Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
2	1. tutmada	5	Sönme yok	Damlama var (alevli), Alevli yanma,Numune eni ve boyu boyunca alev yayılması var (video 2)	Şekil 3.1'ye benzer. Yanma kenarlarında erime var, delik oluşumu var(büyük)
3	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 3)	Şekil 3.2'ye benzer. Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
4	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 4)	Şekil 3.2'ye benzer. Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
5	3. tutmada	15	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 5)	Şekil 3.2'ye benzer. Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
6	3. tutmada	15	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 6)	Şekil 3.2'ye benzer.Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
7	4. tutmada	20	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 7)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
8	5. tutmada	25	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 8)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
9	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 9)	Şekil 3.2'ye benzer . Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
10	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 10)	Şekil 3.1'e benzer . Yanma kenarlarında erime var, delik oluşumu var(geniş uzun)
11	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Alevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 11)	Şekil 3.1'e benzer .Yanma kenarlarında erime var, delik oluşumu var(geniş uzun)

Çizelge 3.1: (Devam) Numunelerin NF P 92 504 metoduna göre yanma davranışları.

Deneme no	Tutuşma anı	Tutuşma süresi (s)	Sönme durumu	Yanma davranışı	Yanma sonrası görünüm
12	2. tutmada	10	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 12)	Şekil 3.2'ye benzer . Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
13	5. tutmada	25	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 13)	Şekil 3.2'ye benzer . Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
14	4. tutmada	20	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 14)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var (dar uzun)
15	4. tutmada	20	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 15)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var (dar uzun)
16	2. tutmada	5	Sönme yok	Damlama var (aevli), Aevli yanma,Numune eni ve boyu boyunca alev yayılması var (video 16)	Şekil 3.1'e benzer .Yanma kenarlarında erime var, delik oluşumu var(büyük)
17	6. tutmada	30	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 17)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(küçük)
18	3. tutmada	15	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 18)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var(dar uzun)
19	3. tutmada	15	Sönme var	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 19)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu yok
20	3. tutmada	15	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 20)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var (küçük)
21	3. tutmada	15	Sönme yok	Damlama yok, Aevli yanma,Numune eni boyunca alev yayılması yok, alev ilerlemesi sadece alev tutma bölgesinde numune boyunca (video 21)	Şekil 3.2'ye benzer .Yanma kenarlarında erime yok, delik oluşumu var (küçük)

Buğday kapçığı katkısı içeren diğer denemelerde ise en yönünde alev yayılımı buğday kapçığı tarafından engellenmiş, eriyik damlamalar oluşmamış ve yanma bölgesinde erime yerine karbonlaşma şeklinde bir yanma davranışı gerçekleşmiştir. (Şekil 3.1-3.2)



Şekil 3.1: Buğday kapçığı katılmamış kaplamalı kumaşın yanma sonrası görüntüsü.



Şekil 3.2: Buğday kapçığı katılmış kaplamalı kumaşın yanma sonrası görüntüsü.

Tüm deneme sonuçları göstermiştir ki; buğday kapçığı kaplamaya güç tutuşurluk özelliği kazandırmakta ancak yanmaya karşı direnç özelliği kazandıramamaktadır. Katkı malzemesi olan buğday kapçığı, tutuşmayı belirli aşamaya kadar engellemiş ancak tutuşma gerçekleşikten sonra kendi kendine sönmeye olayı gerçekleştirememiştir. Tutuşma bir kez başladıktan sonra yanma devam etmiş ve dış müdahale olmadan söndürülememiştir.

1.denemede en yüksek tutuşma süresi elde edilmiştir. Çünkü bu denemede kıvamlaştırıcı sonradan eklenmeye çalışılmış ancak homojen bir karışım oluşturulamamıştır. Bu sebeple malzemenin pat içindeki dağılımı homojen gerçekleşmediğinden düzensiz bir kaplama yapılmıştır. Alev tutulan bölgede kaplama kalınlığı, dolayısıyla kapçık miktarı fazla olduğundan tutuşma daha uzun sürede gerçekleşmiştir.

17.denemede ise binder tipinin buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliğine etkisi görülmüştür. Poliakrilat binder kullanılması halinde güç tutuşurluk özelliğinin bir miktar daha iyi olduğu görülmüştür. Buğday kapçığının partikül boyutunun etkisi ise 12 ve 17 nolu denemeler arasındaki farktan görülmektedir. Partikül boyutu küçüldükçe güç tutuşurluk etkisinin arttığı görülmüştür. Partikül boyutunun akrilat binder ile

kullanılması halinde etkisi ise 5 ve 13, 14 ve 15 nolu denemelerde görülmüştür. 13 nolu denemede daha küçük partikül boyutunda buğday kapçığı kullanılmış olduğundan tutuşma süresinin daha uzun sürede gerçekleştiği görülmüştür. Bunun sebebinin ise partikül boyutu küçüldükçe yüzey alanının artışı ve binder içinde daha fazla yüzeyin buğday kapçığı ile kaplanmasının sağlanması olduğu düşünülmektedir. Partikül boyutundaki küçülme, daha homojen bir baskı patı hazırlanmasına, dolayısıyla daha homojen bir kaplama yüzeyi elde edilmesine de katkıda bulunmuştur. Boyut küçüldükçe elde edilen kaplamanın görüntüsü daha homojen hale gelmiş ve kumaşa daha iyi tutunduğu gözlenmiştir.

7,8 ile 18,19 nolu denemeler kıyaslandığında partikül boyutunun küçülmesinin, grafen ve nano-gümüş tel ile yapılan denemelerde ters bir etki göstererek sonuçları kötüleştirdiği görülmektedir. Bu denemelerde buğday kapçığı partikül boyutunun büyük olması, güç tutuşurluk süresini artırmaktadır.

13 ve 20 nolu deneme sonuçları ise katkı oranının etkisini göstermektedir. %20 buğday kapçığı katkısından %30 çıkılması halinde güç tutuşurluk özelliğinin azaldığı, daha kısa sürede tutuşmanın gerçekleştiği görülmüştür.

Buğday kapçığı partikülünün pat içine katılmadan önce su içerisinde şişirilmesinin, bu suyun kaplama içinde hapsedilmesi durumunda olumlu etki yapacağı düşünülerek 9 nolu denemede bu şekilde su içinde bekletilmiş buğday kapçığı ile hazırlanan bir pat kullanılmıştır. Ancak deneme sonucu olumsuz olmuştur. Bunun sebebinin su ile şişirmeden dolayı ağırlık arttığından pata eklenen buğday kapçığı miktarının azalması ve kurutma işlemleri sırasında hapsedilen suyun buharlaşması olduğu düşünülmüştür.

3 ve 4. denemede bıçak yüksekliği denemeleri, daha çok kaplama patının kumaş yüzeyine tutunmasının nasıl değişeceğini görmek için yapılmıştır. Bu denemelerde test sonuçlarında çok büyük değişim gözlenmemiş. Ancak patın kumaş yüzeyine tutunmasında en iyi yolun bıçak yüksekliğini arttırmaktan çok kaplama kat sayısını arttırmak olduğu görülmüş ve sonraki denemelerin tamamı, aynı bıçak seviyesi ve 3 kat kaplama şeklinde devam ettirilmiştir

Videolardan ve test esnasındaki gözlemlerden farklı veriler de elde edilmiştir. Özellikle deneme 5'in 504-1 ve 504-2 nolu videosundan da görüleceği üzere; tutuşmanın o bölgede ısı birikmesinden kaynaklandığı, alev uzaklaştırıldıktan sonra alev tutulan bölge soğumadan tekrar aleve tabi tutulması halinde ilave ısının eklenmesi

ile yüksek enerjinin o bölgede yoğunlaşmasıyla tutuşmanın gerçekleştiği gözlemlenmiştir. 505-2 nolu videoda, tekrar alev tutma süresinin uzatılması halinde ise tutuşmanın gerçekleşmediği görülmüştür. Baskı patı binderinin ve kumaşın sentetik polimer olması ve ısı iletiminin düşük olması nedeniyle alev uygulanması esnasında kaplamalı yüzeyde biriken ısının dağıtılamadığı, 2. defa aynı noktayı alev uygulanması halinde o bölgede ısının çok fazla artması nedeniyle tutuşmanın gerçekleştiği görülmüştür. Yanmanın başlamasından sonra kendi kendine sönmemesinin de bu ısı birikiminden kaynaklandığı düşünülmüştür. Kumaşta soğumanın gerçekleşmesi halinde kendi kendine sönmeye de geçebileceği öngörülmüştür.

Bu yorumun sonucu olarak Grafen ve Nanogümüş tel katkıları, ısı iletimini arttıracakları düşünülerek yapılmıştır. Bu katkılar eklendiğinde tutuşma süresinin artması, bu öngörüğü doğrulamaktadır.

Tutuşmanın, yüksek ısı ve kumaşın ısıl çekmesi nedeniyle kaplama yüzeyinde oluşan çatlaklar nedeniyle olduğu gözlemlenmiştir. (Buğday kapçığı katkısı olan tüm denemelere ait videolar). Buğday kapçığı partikülünün yüzeyde bir tabaka oluşturduğu ve tutuşmayı engellediği, ancak yüksek ısı birikimi ve kumaşın ısıl çekmesi (büzüşmesi) sonucu kaplama yüzeyinde çatlakların olduğu ve buğday taneciklerinin oluşturduğu yüzeyin bütünlüğünün bozulduğu görülmüştür. Bu bozulma nedeniyle kumaş ve kumaşa yakın kaplama reçinesinin tutuştuğu bu tutuşmanın da ilave ısı enerjisi oluşturması sebebiyle kendi kendine sönmeye mekanizmasının oluşmadığı gözlemlenmiştir.

Üretilen denemeler farklı yanma metotları ile de teste tabi tutulmuştur. Bu işlem ile buğday kapçığının akrilat ve poliüretan kaplamaların yanma davranışındaki değişiminin farklı metotlardaki etkisi irdelenmiştir. Yapılan çalışma sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Buğday kapçığı katılmamış hem akrilat hemde poliüretan reçine kaplı numunelerin EN ISO 15025 standardına göre yapılan testlerde tutuşup alevli eriyik damlatarak yandığı görülmüştür. (Deneme 10-11-16) . Deneme 2`de ise bıçak ayarından dolayı buğday kapçığı oranı az olduğundan test metodu farklı olmakla birlikte (IMO) deneme 10 ve 11`e benzer sonuç görülmüştür.

Çizelge 3.2: Farklı güç tutuşurluk test metodları ile yapılan denemeler.

Deneme no	Metot	Alev tutma süresi (s)	Sönme durumu	Yanma davranışı	Yanma sonrası görünüm
2	IMO-yüzeyden	5	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
2	IMO kenardan	5	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
3	IMO-yüzeyden	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
3	IMO kenardan	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
3	IMO kenardan	15	sönmedi	Alevli yanma ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok
5	NFP 92-503	10	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
10	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
11	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
15	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok
16	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma, alevli eriyik damlaması ve yanlara ve boyuna doğru alev yayılması	Şekil 1'deki gibi yanma kenarlarında erime var
17	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok
18	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi, 17 nolu denemeye göre daha uzun sürede tutuşma	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok, daha küçük delik oluşumu
18	IMO yüzeyden	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
19	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi, 17 nolu denemeye göre daha uzun sürede tutuşma	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok, daha küçük delik oluşumu
19	IMO yüzeyden	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
20	IMO yüzeyden	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
20	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi, daha uzun sürede tutuşma 17 nolu denemeye göre	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok, daha küçük delik oluşumu
21	IMO yüzeyden	5	-	Tutuşma olmadı, yanma oluşmadı	-
21	EN ISO 15025	10	sönmedi	Alevli yanma ve numune boyu yönünde alev ilerlemesi, 17 nolu denemeye göre daha uzun sürede tutuşma	Şekil 2'deki gibi yanma kenarlarında erime yok, daha küçük delik oluşumu

Deneme 3`te kumaşa yüklenen buğday kapçığı oranı yüksek olduğundan IMO yüzeyden tutuşturmada tutuşma olmamıştır, ancak kenardan tutuşturmada alev direkt kaplama olmamış poliester ipliğe uygulandığından tutuşma ve yanma olmuştur. Ancak, eriyik damlama ve yanlara alev yayılması olmamıştır.

5 nolu denemedeki kumaşın ise NF P 92 503 metodunda tutuşup yandığı görülmüştür. Bu durumda 504 metoduna göre güç tutuşur sınıfına giren 5 nolu deneme 503 metoduna göre güç tutuşur sınıfında yer almamıştır. Benzer sonucun diğer denemelerde de görüleceği öngörüldüğünden diğer denemelere bu test uygulanmamıştır.

Grafen ve nanogümüş tel katkılı 18 ve 19 nolu denemeler, ISO 15025 metoduna göre katkı ilavesiz vre poliüretan binderle yapılan denemeye göre (deneme 17) kıyaslandığında ilave katkıların tutuşma süresini uzattığı, ancak tutuşmaya engel olamadığı görülmüştür. Bu sonuç, nanokatıkların yanma davranışını olumlu etkilediği tezini doğrulamaktadır.

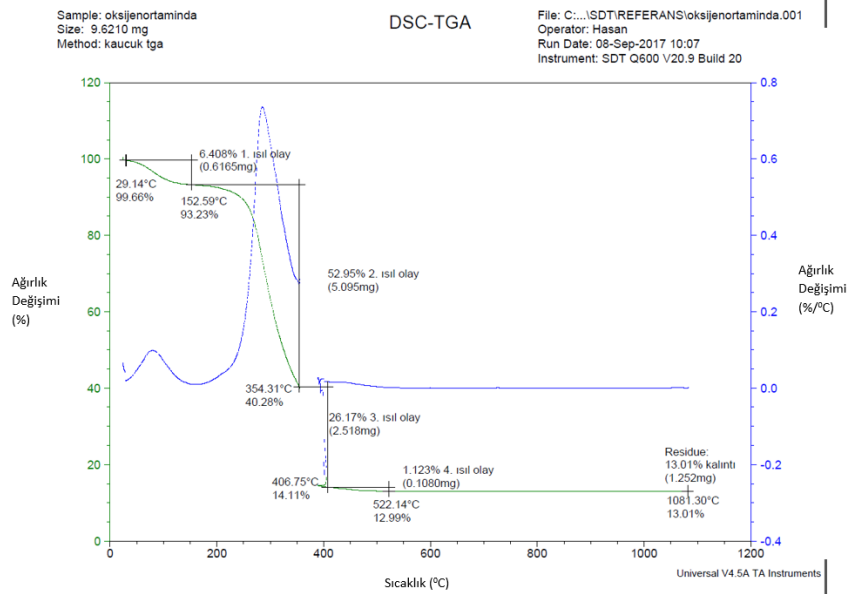
IMO Part 7 yüzeyden tutuşturma metoduna göre 5 sn.`lik kısa alev süresi uygulandığında hem nanokatıklı (Deneme 18-19) hem de sadece buğday katkılı (deneme 3-20-21) tutuşmanın olmadığı, dolayısıyla buğday kapçığının kumaşa güç tutuşur özellik kazandırdığı görülmüştür. Bu durumun alev tutma süresinin kısalmasından, dolayısıyla yüzey sıcaklığının çok fazla artmamasından kaynaklandığı düşünülmüştür. IMO kenardan tutuşturma metodları ise genel olarak başarısız olmuştur. Bu sonucun alevin bu açıdan tutulduğunda direkt kaplama ile değil kumaşla da temas etmesi sebebiyle oluştuğu düşünülmüştür.

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4`te görüldüğü gibi buğday kapçığının hem inert hemde oksijenli atmosferde 200 ⁰C`ye kadar bozunmadığı, ancak bu sıcaklık yukarısında bozunmaya başladığı görülmüştür. Termogram eğrilerinin açıları incelendiğinde, inert ortamda bozunmanın daha uzun sürede gerçekleştiği, oksijen ortamında daha hızlı gerçekleştiği görülmüştür.

Yanma testlerindeki ısının yükselmesiyle buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliğini kaybetmesinin bir nedeninin de bu bozunma durumu olduğu düşünülmektedir. Kaplama yüzeyindeki sıcaklık 200 C den daha fazla olduğunda buğday kapçığı bozunmaya başladığından güç tutuşurluk özelliğini kaybetmektedir. Bu sıcaklığın

altındaki yüzey sıcaklığında ise buğday kapçığı bozunmadığından kumaşın tutuşmasını engellediği düşünülmektedir.

Buğday kapçığının hem azot hemde oksijen ortamındaki TGA analizinde ilk ağırlık kaybının 30-150 C sıcaklık aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Bunun yapıdaki su çıkışından kaynaklandığı düşünülmüştür. Oksijen ortamında yapılan TGA analizinde %13 civarında bir kalıntı olurken, azot ortamında yapılarında %19 oranında bir kalıntı kalmıştır. Bunun sebebi şu şekilde açıklanabilir : Oksijen ortamındaki kalıntı sadece oksijenle reaksiyona girmeyen inorganik maddelerden oluşurken, azot ortamındaki kalıntıda piroliz de gerçekleşeceğinden piroliz sonucu oluşan kalıntılar da ilave olmaktadır. Hem oksijen hemde azot ortamındaki analizde buğday kapçığının yapısındaki organik kısımların, 2 farklı bozunma davranışı sergileyerek bozunduğu görülmektedir. Bozunma sıcaklık aralıkları birbirine benzemekle birlikte oksijen ortamında yapılan analizdeki 1. bozunma (2. ısıl olay) daha yüksek oranda olmuştur. 2. Bozunma (3. ısıl olay) ise birbirine yakın olmuştur. Azot ortamındaki analizde 1. bozunmadaki düşük bozunma oranının sebebinin ortamın inert olmasından dolayı piroliz olması olduğu düşünülmüştür . Söz konusu piroliz yapının da oksijenli ortamda görülmeyen bozunma sıcaklık aralığında (400-800 C) tekrar kısmen bozunduğu görülmüştür.

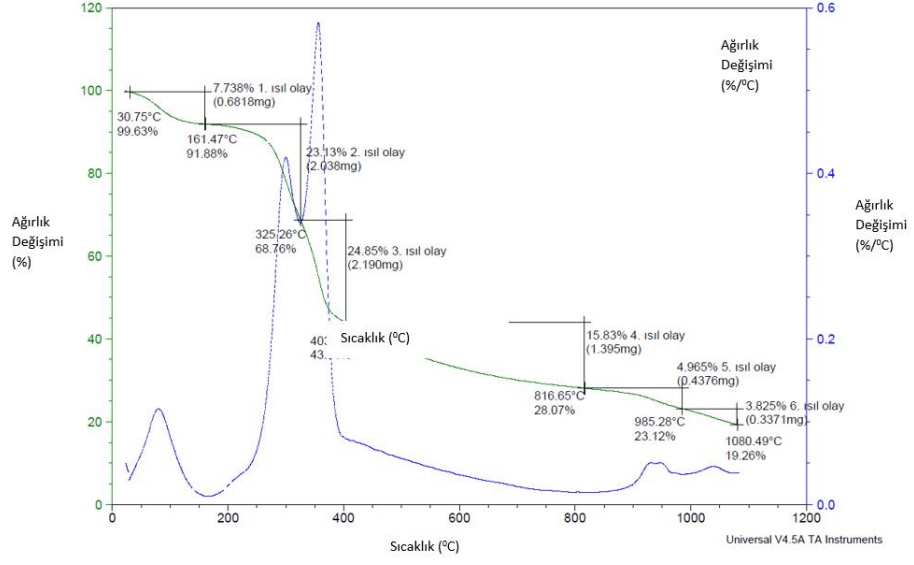


Şekil 3.3: Buğday kapçığının oksijen ortamında TGA eğrisi.

Sample: 14-85numune-tekrar
Size: 8.8120 mg
Method: kaucuk tga

DSC-TGA

File: C:\TA\Data\SDT\azot ortamında
Operator: Hasan
Run Date: 06-Sep-2017 10:24
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Şekil 3.4: Buğday kapçığının azot ortamında TGA eğrisi.

4. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Sonuç olarak buğday kapçığı katkısının akrilat ve poliüretan kaplamalı kumaşa belirli seviyede güç tutuşurluk özelliği kazandırdığı görülmüştür. Güç tutuşurluk özelliğinin ölçümünde kullanılan bazı metotlara göre ise güç tutuşurluk özelliğinin sağlanmadığı, ancak malzemenin yanma davranışının değiştiği ve alev ilerleme hızının düşerek alevin numune eni yönünde yayılmasının engellendiği tespit edilmiştir. Nanogümüş tel ve grafen katkısının kapçığın güç tutuşurluk özelliğini artırdığı görülmüştür.

Buğday kapçığının güç tutuşurluk özelliği sağladığı, ancak kendi kendine sönmeye ve yanmaya direnç özelliği kazandırmadığı görülmüştür. Tüm denemelerde kumaş tutuştuktan sonra yanmanın sürdüğü görülmüştür. Her ne kadar yanmaya engel olmasada kumaşın yanma davranışını değiştirdiği; alevli damlama ile eriyerek yanmanın engellendiği görülmüştür.

Buğday kapçığının ve diğer polimerlerin alev uygulanması anında kumaş üzerinde ısı birikmesine neden olduğu, yüzeyin soğutulması durumunda tutuşmanın gerçekleşmediği görülmüştür.

Gelecekte yapılacak kapçıkta yüzey iyileştirilmesi ve kaplama patına ısı iletimi yüksek katkıların ilavesi ile kapçığın tüm standart metotlar bazında güç tutuşur özellik sergileyeceği düşünülmektedir.

Buğday kapçığının doğal rengi, açık kahverengi olduğundan koyu tonlarda bu haliyle kullanılabilir olmasına rağmen pastel tonlardaki kumaş üretimi için renginin giderilmesi gerekmektedir. Bu sebeple gelecekte yapılacak çalışmalardan biri de kapçığın ağartma şartlarının incelenmesi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Väisänen, T., Haapala, A., Lappalainen, R., Tomppo, L. (2016). Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review, *Waste Management*, 54, 62–73
- [2] Sadh, P.K., Duhan, S., Duhan, J.S.(2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review, *Bioresources and Bioprocessing*, 5, (1).
- [3] Tran, T.P.T., Bénézet, J.C., Bergeret, A.(2014). Rice and Einkorn wheat husks reinforced poly(lactic acid) (PLA) biocomposites: Effects of alkaline and silane surface treatments of husks, *Industrial Crops and Products*, 58, 111–124
- [4] Ammara, S., Fakhra, A., Amber, A. (2014), Processing of Rice and Wheat Husk for the Potential utilization of the Material for Pottery Products, *International Research Journal of Environment Sciences*, 3,(7),7-14.
- [5] Singh, R., Bhaskar, T., Dora, S., Balagurumurthy, B. (2013). Catalytic hydrothermal upgradation of wheat husk, *Bioresource Technology*, 149, 446–451.
- [6] Krishna, B.B., Singh, R., Bhaskar, T. (2015). Effect of catalyst contact on the pyrolysis of wheat straw and wheat husk, *Fuel*, 160, 64–70.
- [7] Buğday, *Halisinden Gıda Ansiklopedisi*. Erişim : 28 Temmuz, 2019, <https://ansiklopedi.halisinden.com/Buğday>.
- [8] Hoseney, J.A.D. and R.C.(2010). *Principles of Cereal Science and Technology*, Amer Assn of Cereal Chemists.
- [9] Wheat Structure, *Nabim*. Erişim : 29 Temmuz, 2019, <http://www.nabim.org.uk/wheat-structure>.
- [10] FAO, (2019). GIEWS - Crop Prospects and Food Situation, Rapor No.1.
- [11] Bitkisel Üretim Verileri, *TC.Tarım ve Orman Bakanlığı*. Erişim : 28 Temmuz, 2019, <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>.
- [12] Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Volk, J. (2010). Physical, chemical and surface properties of wheat husk, rye husk and soft wood and their polypropylene composites, *Composites Part A*,41,480–488.
- [13] Cui, J., Sun, H., Wang, X., Sun, J., Niu, M., Wen, Z. (2015).Preparation of siliceous lignin microparticles from wheat husks with a facile method, *Industrial Crops and Products*, 74, 689–696.
- [14] Yang, T.T., Guan, J.P., Tang, R.C., Chen, G.(2018) Condensed tannin from *Dioscorea cirrhosa* tuber as an eco-friendly and durable flame retardant for silk textile, *Industrial Crops & Products*, 115, 6–25.
- [15] Morgan, A. (2016). Isola Group: Fire Retardancy What , Why and How, *White Paper*,1–5. Erişim:1 Haziran, 2019, <https://www.isola-group.com/wp-content/uploads/Fire-Retardancy-What-Why-and-How.pdf>
- [16] Uddin, F. (2019). Recent Flame Retardant Consumption: Textiles, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10 (3), 805-813.

- [17] **Kilinc, F.S.** (2013). *Handbook of Fire Resistant Textiles*. Woodhead Publishing.
- [18] **John, M.J.** (2019). Flammability performance of biocomposites, In Coronis, C., Silva, A. (Eds.) *Green Composites for Automotive Applications*, pp 43–58, Duxford, Woodhead Publishing in an Imprint of Elsevier.
- [19] **Shrivastava, A.** (2018). *Introduction to Plastics Engineering*. Oxford, William Andrew Publishing.
- [20] **Horrocks, A.R., D. Price, D.**(2001). *Fire Retardant Materials*. Woodhead Publishing.
- [21] **Ömeroğullari, Z., Kut, D.** (2012). Tekstilde Güç Tutuşurluk, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17 (1) , 27-42.
- [22] **Hautamaki, S.** (2017). Veneer Modification With Fire Retardant. Chemicals. (Master Thesis). Biochemical and Materials Engineering, Fibre and Polymer Technology, Aalto University, Finland.
- [23] **Singh, A.** Mechanism of Flame Retardant Finishes - Textile Learner, Erişim: 17 Ağustos 2019, <https://textilelearner.blogspot.com/2013/08/mechanism-of-flame-retardant-finishes.html>
- [24] **Alongi, J., Carletto, R.A., Bosco, F., Carosio, F., Di Blasio, A., Cuttica, F., Antonucci, V., Giordano, M., Malucelli, G.**(2014). Caseins and hydrophobins as novel green flame retardants for cotton fabrics, *Polymer Degradation and Stability*, 99, 111-117.
- [25] **Weil, E.D., Levchik, S.V.** (2008). Flame retardants in commercial use or development for textiles, *Journal of Fire Sciences*, 26(3), 243-281.
- [26] **Kut, D.** (2017). *Tekstilde Güç Tutuşurluk* (Powerpoint Sunumu). Butekom Eğitimleri.
- [27] **Costes, L., Laoutid, F., Brohez, S., Dubois, P.** (2017). Bio-based flame retardants: When nature meets fire protection, *Materials Science and Engineering R*, 117, 1–25.
- [28] **Mengal, N., Syed, U., Malik, S.A., Ali Sahito, I., Jeong, S.H.** (2016). Citric acid based durable and sustainable flame retardant treatment for lyocell fabric, *Carbohydrate Polymers*, 153, 78-88.
- [29] **Aytekın, D.** *Yeşilist*. Standart deterjanların çevreye verdiği zararlar ve alternatifleri. Erişim: 7 Ocak 2019, <https://www.yesilist.com/standart-deterjanlarin-cevreye-verdigi-zararlar>
- [30] **Basak, S., Samanta, K.K., Chattopadhyay, S.K.** (2015). Fire retardant property of cotton fabric treated with herbal extract, *The Journal of The Textile Institute*, 106 (12), 1338-1347.
- [31] **Wang, X., Lu, C., Chen, C.** (2014). Effect of chicken-feather protein-based flame retardant on flame retarding performance of cotton fabric, *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (15) , 1-8.
- [32] **Kayaalp, M.N.**(2017). *Türkchem* , Yanma Gecikmeli Sistemler (Fire-Retardant Coatings). Erişim: 20 Ağustos 2019, <http://www.turkchem.net/yanma-gecikmeli-sistemler-fire-retardant-coatings.html>

- [33] **Intumescent flame retardant systems.** Flame Retardants Online.Erişim:20 Ağustos 2019,
<https://www.flameretardants-online.com/flame-retardants/intumescence>
- [34] **Fire Protective Cable Coating In A Fire Test. FS1 intumescent coating expansion test.** YouTube, Erişim: 28 Ekim 2019.
<https://www.youtube.com/watch?v=er2lj0FQEF4>
- [35] **Reach-Flame Retardants.**Polymerinsights, Erişim: 20 Ağustos 2019,
<http://fr.polymerinsights.com/directives-regulations/reach>
- [36] **Substances of very high concern identification.** ECHA European Chemical Agency, Erişim:20 Ağustos 2019, <https://echa.europa.eu/substances-of-very-high-concern-identification-explained>
- [37] **Beard, A.** (2014). An update on regulatory status and environmental assessments: Searching for Flame Retardants. Clariant (Powerpoint Sunumu), Erişim: : 1 Temmuz 2019, https://www.flameretardantsonline.com/images/itempics/6/4/1/item_18146_pdf_1.pdf
- [38] **Molina, J.R., Prades, C., Lora, Á., Rodriguez y Silva, F.** (2018). Quercus suber cork as a keystone trait for fire response: A flammability analysis using bench and field scales, *Forest Ecology and Management*, 429 , 384-393.
- [39] **Silva, J.S., Catry, F.** (2006). Forest fires in cork oak (Quercus suber L.) stands in Portugal, *International Journal of Environmental Studies*, 63 (3), 235-257.
- [40] **Alongi, J., Carletto, R.A., Di Blasio, A., Cuttica, F., Carosio, F., Bosco, F., Malucelli, G.** (2013). Intrinsic intumescent-like flame retardant properties of DNA-treated cotton fabrics, *Carbohydrate Polymers*, 96 (1), 296-304.
- [41] **Guan, J., Yang, C.Q., Chen, G.** (2009). Formaldehyde-free flame retardant finishing of silk using a hydroxyl-functional organophosphorus oligomer, *Polymer Degradation and Stability*, 94(3), 450-455.
- [42] **Kılıç, A.** (2018). Gelişmiş Ülkelerde ve Türkiye’de Yangın Nedenleri, *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 200, 8-10.
- [43] **Fung, W.**(2002). General survey. In: Coated and Laminated Textiles. Woodhead Publishing
- [44] **Singha, K.** (2012). A Review on Coating & Lamination in Textiles : Processes and Applications, *American Journal of Polymer Science*, 2(3), 39-49.
- [45] **Kalderis, D., Kayan, B., Akay, S., Kulaksiz, E., Gözmen, B.** (2017). Adsorption of 2,4-dichlorophenol on paper sludge/wheat husk biochar: Process optimization and comparison with biochars prepared from wood chips, sewage sludge and HOG fuel/demolition waste, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 2222–2231.
- [46] **Zhang, W., Chen, L., Xu, L., Dong, H., Hu, H., Xiao, Y., Zheng, M., Liu, Y., Liang, Y.** (2019). Advanced nanonetwork-structured carbon materials for high-performance formaldehyde capture, *Journal of Colloid and Interface Science*, 537, 562-568.
- [47] **Ahmad, S., Iqbal, Y., Muhammad, R.** (2017). Effects of coal and wheat husk additives on the physical, thermal and mechanical properties of clay bricks, *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio*, 56 (3), 131-138.

- [48] Liu, S.W., Wei, Q., Cui, S.P., Nie, Z.R., Du, M.H., Li, Q.Y. (2016). Hydrophobic silica aerogel derived from wheat husk ash by ambient pressure drying, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 78 (1), 60-67.
- [49] Zhang, S., Pang, Y., Wang, Y., Dong, B., Lu, S., Li, M., Ding, S. (2018). NiO nanosheets anchored on honeycomb porous carbon derived from wheat husk for symmetric supercapacitor with high performance, *Journal of Alloys and Compounds*, 735, 1722-1729.
- [50] Mohammad, M., Mahmood, B.T., Loghman, K. (2011). Novel herbal adsorbent based on wheat husk for reactive dye removal from aqueous solutions, *African Journal of Biotechnology*, 10(65), 14478-14484.
- [51] Moheb, A., Grondin, M., Ibrahim, R.K., Roy, R., Sarhan, F. (2013). Winter wheat hull (husk) is a valuable source for tricetin, a potential selective cytotoxic agent, *Food Chemistry*, 138 (2-3), 931-937.
- [52] Basak, S., Wazed Ali, S. (2018). Fire resistant behaviour of cellulosic textile functionalized with wastage plant bio-molecules: A comparative scientific report, *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 169-180.
- [53] Cheng, X.W., Guan, J.P., Yang, X.H., Tang, R.C. (2017). Improvement of flame retardancy of silk fabric by bio-based phytic acid, nano-TiO₂, and polycarboxylic acid, *Progress in Organic Coatings*, 112, 18-26.
- [54] Carosio, F., Di Blasio, A., Cuttica, F., Alongi, J., Malucelli, G. (2014). Flame retardancy of polyester and polyester-cotton blends treated with caseins, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 53 (10), 3917-3923.
- [55] Grafen®-İgp / Industrial Graphene Nanoplatelets for General Purposes, *Grafen*, Erişim: 1 Kasım 2019, <https://grafen.com.tr/product.php?id=57>
- [56] Coskun, S., Aksoy, B., Unalan, H.E. (2011). Supporting Information Polyol Synthesis of Silver Nanowires : An extensive parametric study, *Crystal Growth and Design*, 2, 2-5.
- [57] Coskun, S., Aksoy, B., Unalan, H.E. (2011). Polyol synthesis of silver nanowires: An extensive parametric study, *Crystal Growth and Design*, 11, 4963-4969.
- [58] French Standart.(1995). NF P 92-503,504,505,507. Paris la Defense : AFNOR
- [59] European Fire Standarts, *Euroco Business*, Erişim:15 Haziran 2019, <http://www.eurocobusiness.com/resources/European Fire Standards.pdf>
- [60] Introduction to IMO, *IMO International Maritime Organization*, Erişim: 18 Haziran 2019, <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>
- [61] Fire Protection, fire detection and fire extinction, *IMO International Maritime Organization*, Erişim: 19 Haziran 2019, <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/FireProtection/Pages/History.aspx>
- [62] Resolution Msc.307(88) (Adopted On 3 December 2010) International Code For Application Of Fire Test Procedures, 2010 (2010 Ftp Code), *IMO International Maritime Organization*, Erişim: 19 Haziran 2019, [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.307\(88\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.307(88).pdf)

[63] Imo Ftpc P7 Textiles and films - Fire Test Marine Equipment, *fr-one* , Erişim: 1 Eylöl 2019, <https://www.fr-one.com/en/standards/imo-ftpc-p7-textiles-and-films--fire-test-marine-equipment-b6c1550ef36d4705a9272409682ef430>

[64] TSE Standardı, TS EN ISO 15025:2006 – Ankara , TSE.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :KADRIYE KUTLAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 28.08.1978 BURSA
E-posta : kimyaci_1978@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1999, Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2000-2003 – Sunteks AŞ. : Proses Kontrol Şefi
- 2004-2014 – Berteks AŞ.: Fizik ve Kimya Laboratuvarı Şefi
- 2014-Ağustos 2019 : Berteks AŞ.-Fizik Laboratuvarı Şefi – ISO 9001 Kalite Sistem Yöneticisi
- Ağustos 2019 – Devam Ediyor : Ar-Ge ve İnovasyon Proje Koordinatörü – ISO 9001 Kalite Sistem Yöneticisi