

Currently, our studies are carried out within the scope of a graduate thesis and the final stage has been reached in the process of being developed into a TEYDEB project by our team to be proposed to TUBITAK.

Keywords: Textile chemical substances, database preparation, characterization

GİRİŞ

Ülkemizde üretim, ihracat ve istihdam açısından en önemli Sanayi sektörlerinin arasında sayılan tekstil, NACE-ISIC sınıflandırmasına göre (D17) “düşük teknolojiler” arasında yer almaktadır[1-2]. Ancak teknik tekstil alanındaki üretimler, bu amaçla üretilen kimyasallar orta ve orta-ileri teknolojiler arasında sayıldığı için, tekstil sektöründeki lif, iplik üretimi, dokuma gibi alanların arasında özellikle kullanılacak kimyasallar üzerinde yoğunlaşılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Globalleşen ekonomik ve tedarik sürecine bağlı olarak farklı pazarlardan farklı isim ve kodlarla temin edilen kimyasalların eşdeğerliği, nitelik ve kalitesi büyük bir belirsizlik oluşturmaktadır.

Kimyasal proseslerin kalite sürekliliğinin sağlanması, üretim koşullarına olduğu kadar, kullanılacak kimyasalların nitelik ve kalitelerine bağlı olacaktır. Bu kimyasalların içeriklerini belirlemeye gerek kalmaksızın, fonksiyonel olarak yeterlilik ve kalitelerinin kontrol edilebilmesi, eşdeğerliğinin değerlendirilmesi, doğru şekilde karakterize edilmelerine ve bu bilgilerin erişebilir bir veri bankası haline getirilebilmesine bağlıdır. Bir tekstil ülkesi olan Ülkemizde kullanılan tekstil kimyasallarına ilişkin bir envanter, kaynak oluşturabilecek veri tabanı bulunmamaktadır.

Tekstil kimyasallarının niteliksel kriterlerin ortaya konmamış olması, teknik tekstil konusunda kimyasal proseslerin giderek önem kazanması, bu proseslere konu olan kimyasalların içerik ve etkiye mekanizmalarının bilinmemesi, farklı isimlerle pazarlanması, yerli üreticilerin haksız rekabet koşullarında kalmasına sebep olmaktadır.

Özellikle boyar maddeler klasik yaklaşıma dayanarak IR ve UV-Vis Spektroskopik yaklaşımlarla değerlendirilmeye çalışılmaktadır[3-5]. Ancak ticari olarak pazarlanan boyar maddeler saf, tek bileşenli yapılar olmadığı için yapılan değerlendirmeler sınırlı ölçüde anlamlı olabilmekte, nitel/nicel karşılaştırmalar için çoğunlukla yetersiz kalmaktadır.

Tekstil yardımcı kimyasalları ve boyalarının renklenme, solma ve dokunmuş yüzeye bağlanma gibi etkiye mekanizmaları genellikle elektron aktarımına bağlı olarak gerçekleşir. Bu ise onların yükseltgen indirgen kuvvetlerine bağlı bir özelliktir. İncelenen maddelerin yapılarında bulunan fonksiyonel grupların elektron alış veriş yatkınlıklarını gösteren elektrokimyasal yöntemler öne çıkmaktadır[6-10].

Bu maddelerin farklı pH koşullarında voltametrik incelemeleri, parmak izleri olarak değerlendirilebilecek şekilde karakterize edilmelerini sağlayabilmektedir[11-12]. Spektrofotometrik incelemelerle desteklenen elektrokimyasal değerlendirmelerin oluşturacağı spesifik bilgiler yardımıyla oluşturulacak veri tabanı, zamanla geliştikçe pek çok üretici ve tedarikçi için önemli bir başvuru kaynağı oluşturabilecek, kullanılan kimyasallara ilişkin standartların sorgulanmasına olanak sağlayabilecektir. Böylece kullanılan kimyasal ve boyar maddelerinin spesifik özelliklerine hakim olunabilmesi, yapılan üretim sürdürülebilirliği, birbiri yerine kullanılabilecek kimyasallar için uzun zaman alan üretim testleri yapılmadan laboratuvar aşamasında karar verilebilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülebilmesine imkan sağlayabilecektir. Zamanla bilimsel temellere dayalı tedarik sürecinin gelişmesine temel oluşturacaktır.

DENEYSEL KISIM

Spektroskopik ölçümler tamponlanmış sulu ortamlarda kuartz küvet içerisinde ve Hitachi U 3900H model araştırma tipi çift ışın yollu spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir.

Epsilon marka elektrokimyasal sistemde gerçekleştirilen voltametrik çalışmalar üç elektrotlu cam hücrede; 3 mm çaplı camı karbon elektrot (GCE) (BAS MF2012), Ag/AgCl/3M referans elektrot (BAS 2052) ve Pt-tel yardımcı elektrot kullanılarak yapılmıştır. Elektron transferlerinin tersinirlikleri çevrimsel voltametri ile incelenirken, detaylı incelemeler için kare dalga voltametrisi (SWV) ile yükseltgenme ve indirgenme davranışları değerlendirilmiştir. IR spektrumları doğrudan katı örneklerden BUTEKOM Tekstil Mükemmeliyet Merkezindeki Shimadzu Tracer-100 cihazında ATR metodu ile alınmıştır. Çözeltilerin ve tamponların hazırlanmasında Thermo 4Star pH metre ve elektrodu kullanılmıştır.

Hem spektrofotometrik hemde voltametrik çalışmalar 0,05M Britton-Robinson tamponu ile hazırlanmış sulu 2-4-6-8-10 pH koşullarında farklı derişimdeki boyar madde çözeltileri ile tekrarlanmış ve karakterize edilmeye çalışılmıştır.

Ele alınan boyar maddeler tekstil sektöründe kullanıldığı ticari haliyle, diğer kimyasal maddeler analitik saflıkta temin edilmiş, çözelti hazırlamalarında ultra saf su kullanılmıştır.

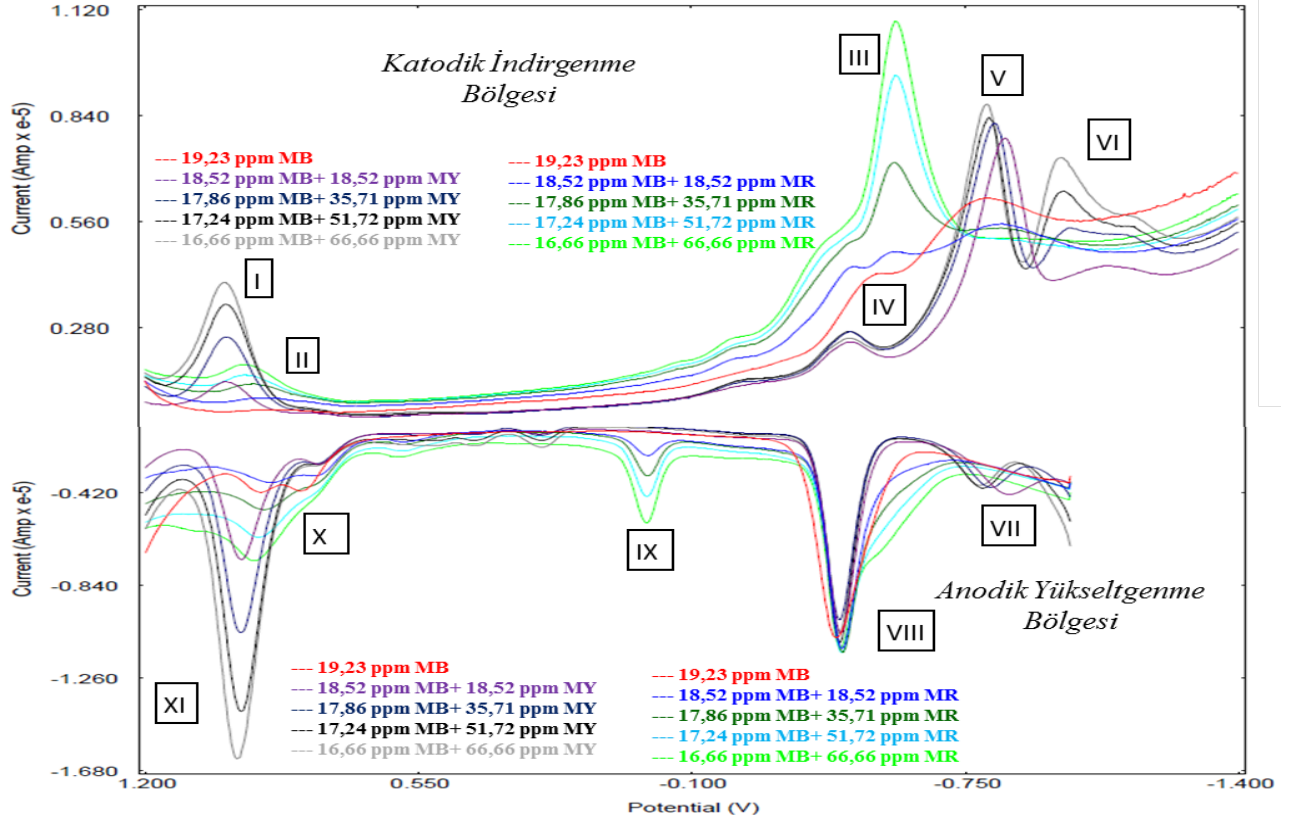
Sunuma konu olan karakterizasyon çalışmaları sınırlı sayıda reaktif ve bazik boyar maddeler kullanılarak yapılmıştır. İndirgenme ve yükseltgenme karakteristiklerinin belirlenmesi için Levafix serisi reaktif boyar madde grubundan sarı, mavi, kırmızı; Maxilon serisi bazik boyar madde grubundan sarı, mavi ve kırmızı seçilmiştir. Farklı derişimlerde ve pH 2-4-6-8-10 değerlerinde çalışarak kare dalga voltametrisi ve çevrimsel voltametri ile karakterizasyon çalışmaları yapılmış, aynı boya grubundan ikili karışımları incelenerek yan yana farklılaştırılabilirlikleri incelenmiştir. Elektrokimyasal çalışmayı desteklemesi için boyar maddelere ait aynı pH koşullarındaki UV-Vis spektrumları alınmış, yapısal değerlendirmeler için tamamlayıcı olarak IR eğrileri çalışmaya eklenmiştir.

Voltamogramların gösteriminde IUPAC konvansiyonuna uyularak katodik indirgenme akımları “+” olarak üst tarafta, anodik yükseltgenme akımları “-” olarak alt tarafta gösterilmiş, tüm potansiyel değerleri kullanılan referans elektroda bağl olarak elde edildiği gibi kullanılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

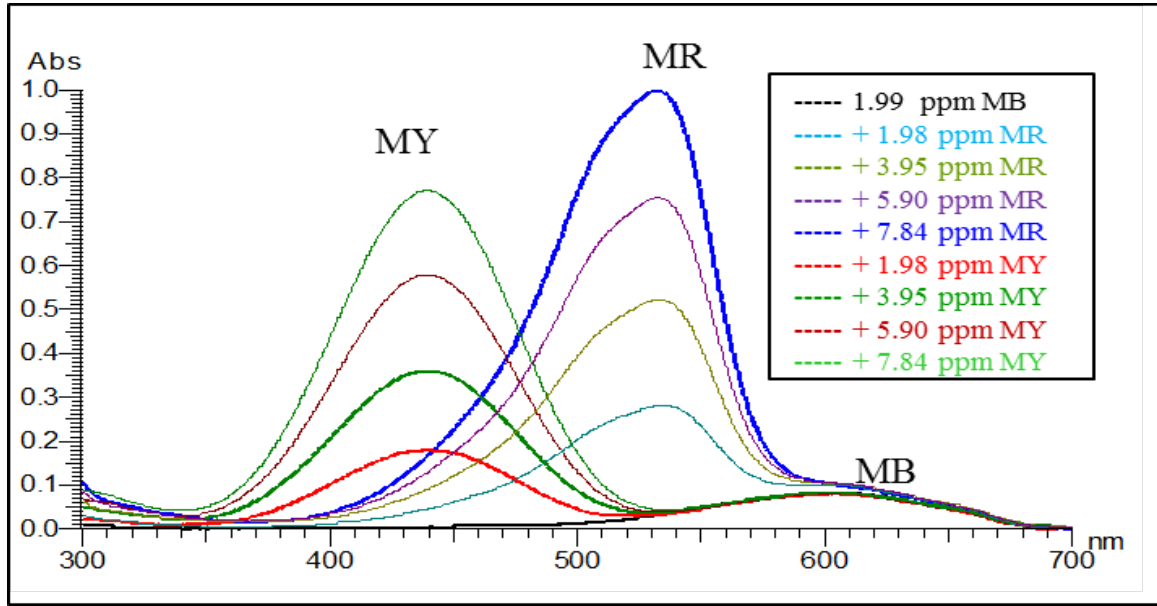
Karışımların voltametrik incelenmesine yönelik olarak pH 10 da Maxilon Blue derişimi sabit tutulurken (17-19 ppm) 18-66 ppm aralığında artan derişimlerde Maxilon Red (MR) veya Maxilon Yellow (MY) eklenmesinin anodik ve katodik yöndeki SWV eğrileri üstüste çizdirilerek karşılaştırılmıştır (Şekil-1). Ardarda çalışmalarda eklemeler nedeniyle kaçınılmaz olarak MB derişiminde sonucu etkilemeyecek küçük seyrilmeler olmuştur.

Eğri üzerindeki kırmızı MB voltamogramı üzerine artan MY eklemelerinde MB piklerinin etkilenmediği, ancak MY piklerinin +1 V potansiyelde derişimle doğru orantılı olarak artış gösteren, kısmen tersinir karakterde olduğu söylenebilir (I ve XI). MY eklemeleri -0,9 V bölgesinde iki kademeli bir indirgen piki daha oluşturmaktadır (VI). MR eklendiğinde ise; +1 V civarında görülen II ve X nolu piklerin yarı-tersinir olarak ortaya çıktığı, IX nolu pikin tersinmez yükseltgenme, III nolu pikin ise tersinmez indirgenme piki olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. MB ye ait IV -XIII ve V-VII piklerinin de kısmen tersinir karakterde olup, derişimi sabit tutulan bu madde için büyüklüklerinin hemen hemen aynı kaldığı, eklemelerle herhangi bir ortak veya sinerjistik etkileşim içerisinde olmadığı, bu nedenle spesifik olarak değerlendirilebileceği söylenebilir.

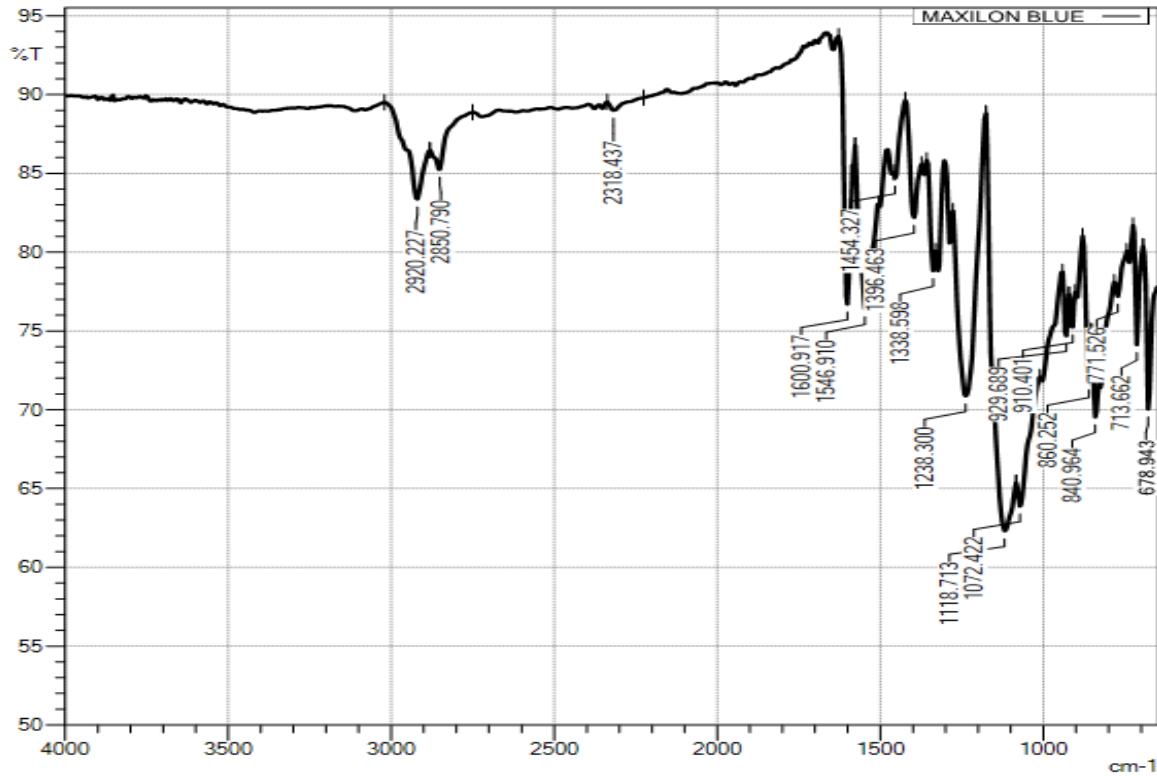


Şekil 1: pH10 tamponlanmış ortamda Maxilon Blue(MB) eğrisi üzerine Maxilon Red(MR) ve Maxilon Yellow (MY) boyalarının SWV eğrisi

UV çalışmaları da voltametrik çalışmalara paralel olarak pH 2-4-6-8-10 değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Ancak pH değişiminin geniş bir aralıkta UV-Vis spektrumları üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı, nitel değerlendirmeler için tek başına değerlendirilmesinin sınırlı olacağı görülmüştür. Bu durum, karakterizasyon amaçlı çalışmaların voltametrik incelemelerle desteklenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Eğrilerden incelendiğinde MB boyasının $\square_{\max}$ değerinin 620 nm, MY boyasının $\square_{\max}$ değerinin 430 nm, MR boyasının $\square_{\max}$ değerinin 540 nm olduğu görülmekte ve derişim artışıyla doğru orantılı olarak absorbans değerinin arttığı görülmektedir. Her iki eklemede de MB boyasının derişimi sabit kaldığı için absorbans değerinin de değişmediği görülmektedir. IR eğrisinde ise parmak izi bölgesinde kendine has verdiği pikler ve dalga sayısı değerleri görülmektedir.



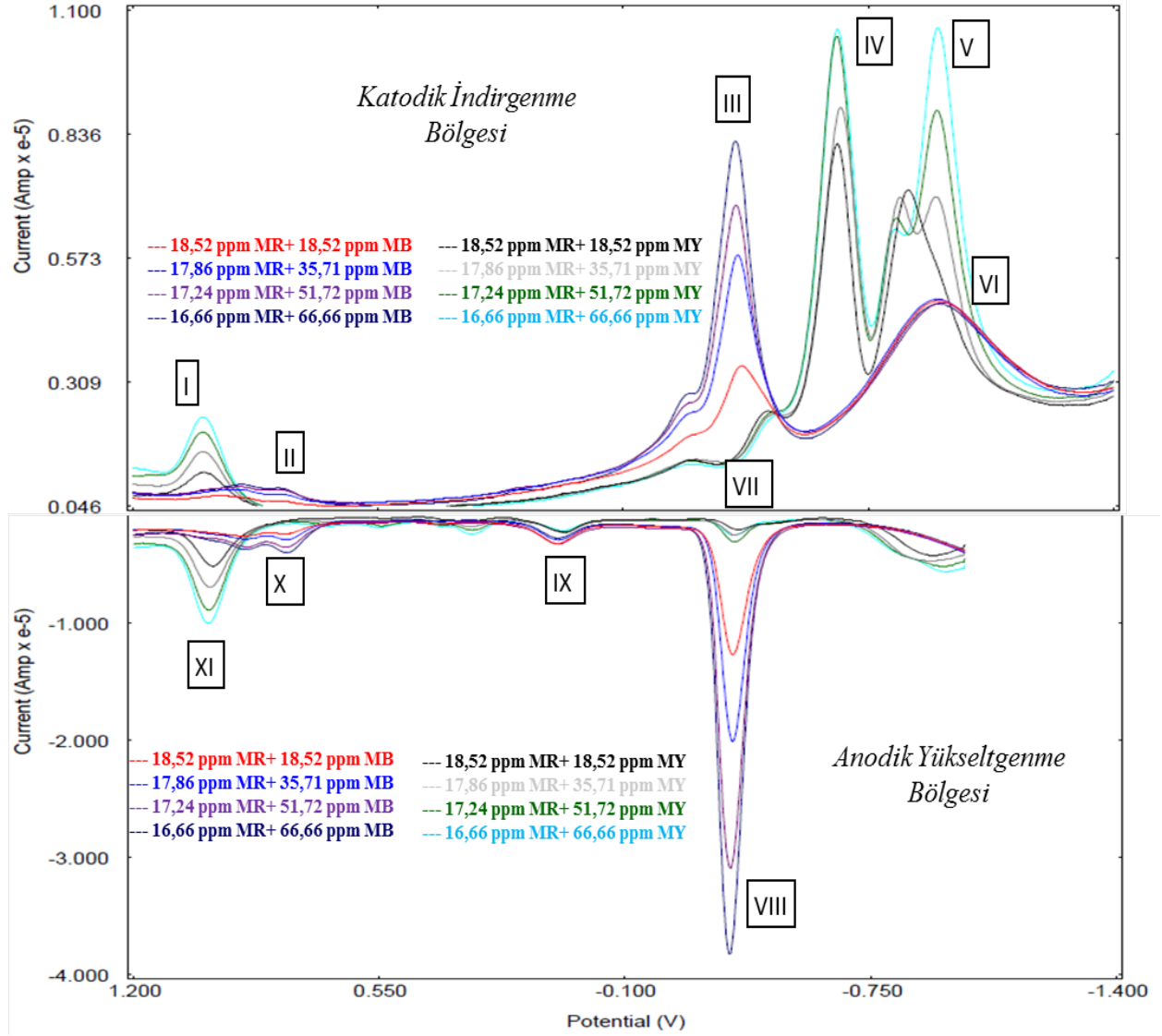
Şekil 2: pH10 tamponlanmış ortamda Maxilon Blue (MB) eğrisi üzerine Maxilon Red(MR) ve Maxilon Yellow (MY) boyalarının UV Eğrisi



Şekil 3: Maxilon Blue boyasına ait IR Eğrisi

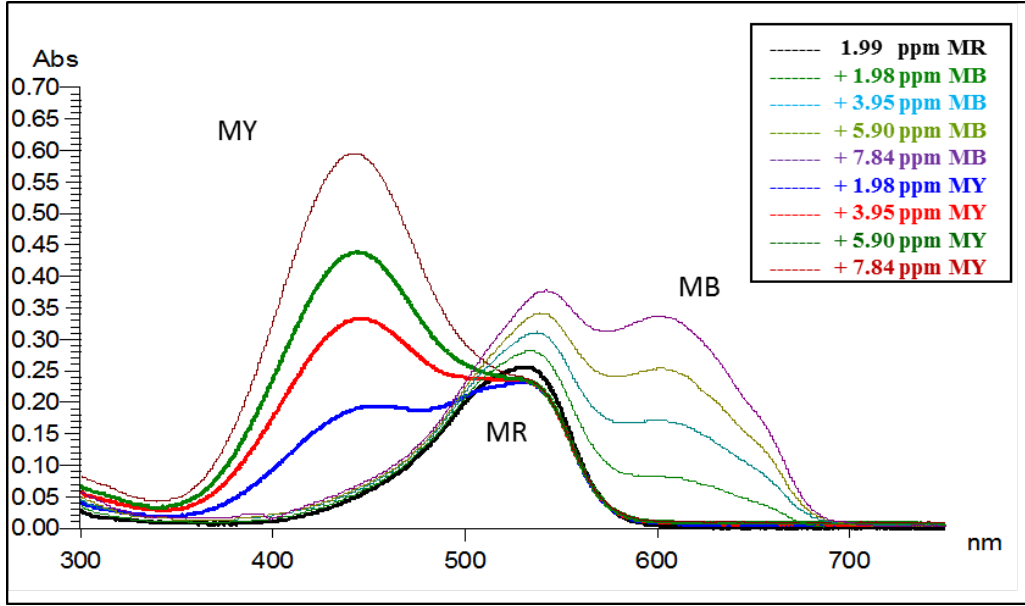
Şekil 4 de MR derişimi sabit tutulurken (17-19 ppm) 18-66 ppm aralığında artan derişimlerde MY ve MB eklenmesinin anodik ve katodik yöndeki SWV eğrileri üstüste çizdirilerek karşılaştırılmıştır. Anodik ve katodik yönde görünen kırmızı eğri derişimi sabit tutulan MR boyar maddesine aittir. +1V civarında MY boyar maddesine ait tersinir pik görülmektedir (I – XI). +0,7V civarında MB boyar maddesine ait iki kademeli kısmen tersinir bir pik görülmektedir (II – X). -0,3V civarında III ve IV numaralı pikler yarı tersinir görüntüde MB boyar maddesine ait karakteristik piklerdir ve derişimle doğru orantılı arttığı görülmektedir. Yine -0,3V potansiyelinde görünen VII piki MY boyar maddesine

ait olup tersinmez görüntüdedir. MY boyar maddesine ait olan IV-V nolu pikler -0,75 V potansiyelde iki kademeli bir indirgenme piki görüntüsündedir. Derişimi sabit tutulan MR boyar maddesinin karakteristik pikleri, +0,1V ve -0,85 V değerlerinde görölmektedir (IX – VI).

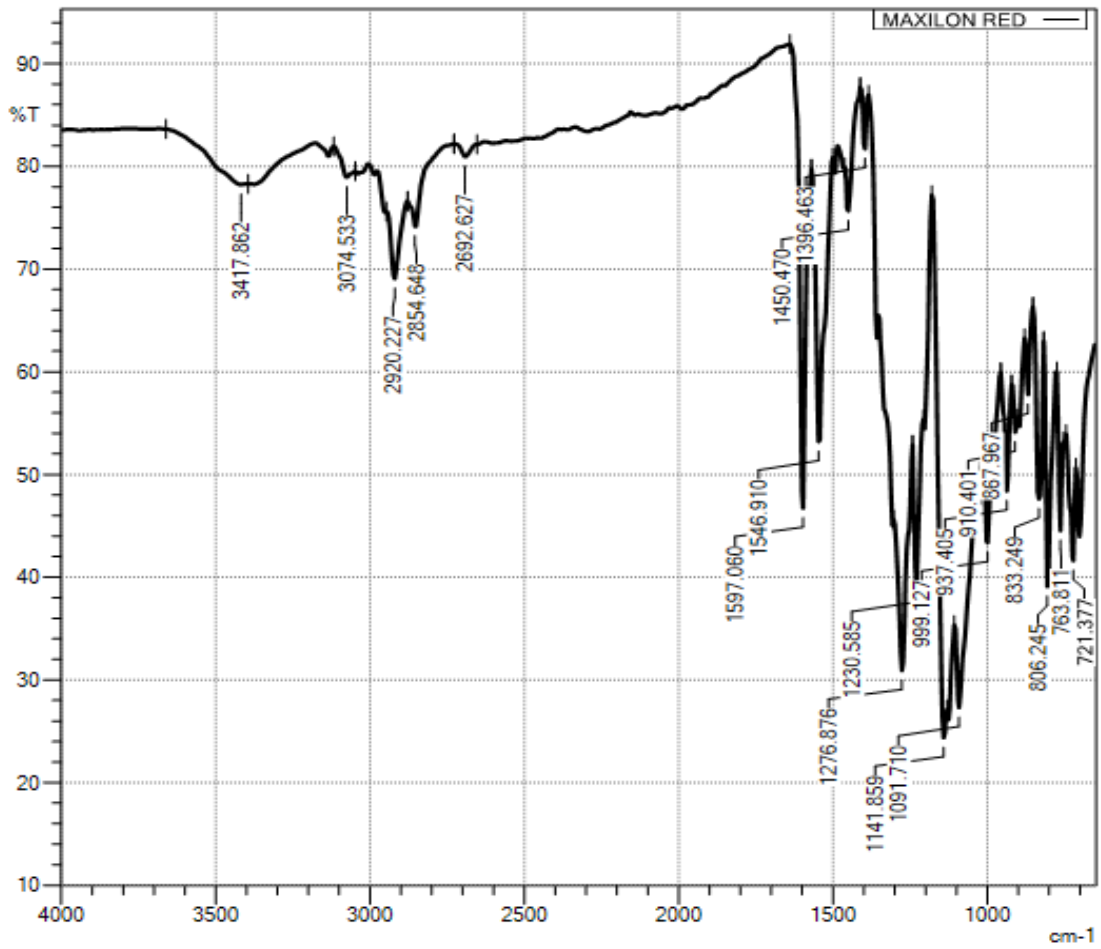


Şekil 4: pH8 tamponlanmış ortamda Maxilon Red (MR) eğrisi üzerine Maxilon Blue(MB) ve Maxilon Yellow (MY) boyalarının SWV eğrisi

UV eğrisi incelendiğinde boyalara ait λ_{max} değerlerinin değişmediği görölmektedir. Şekil 5 de ilgi çekici olan ortamda MR boyasının sabit derişimde tutulmasına rağmen ortama MB boyasının eklendiği ölçümlerde; MB boya derişiminin artışı ile MR boyasının absorbans değerinin artışıdır. MB ve MR boyalarının net bir pik yerine yayvan pik görüntüsü oluşturmaları bu iki boyanın benzer fonksiyonel gruplar içerebileceğini düşündürmektedir. IR eğrilerinde de benzer görüntü benzer dalga sayısındaki pikler görölmektedir.

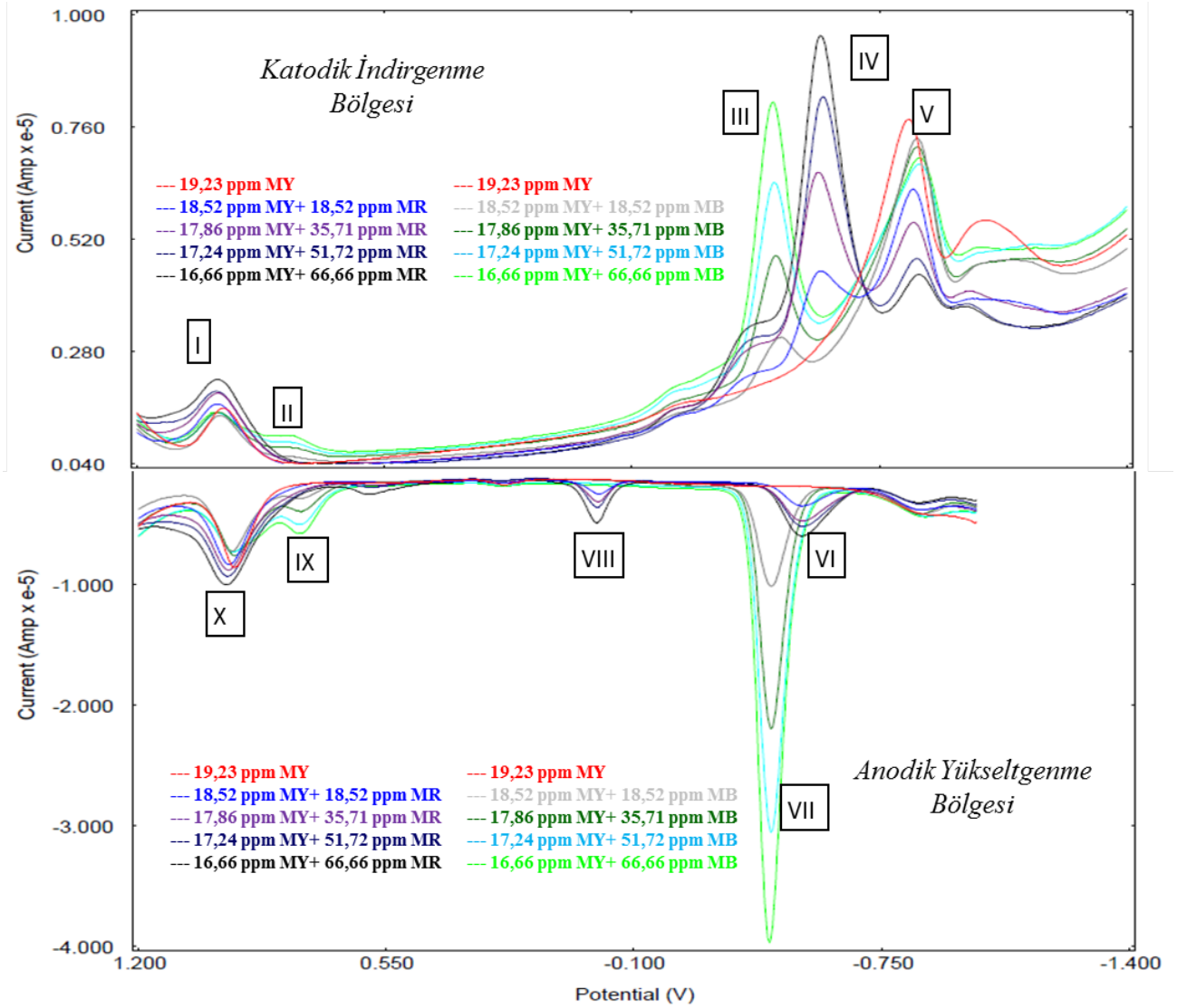


Şekil 5: pH8 tamponlanmış ortamda Maxilon Red (MR) eğrisi üzerine Maxilon Blue(MB) ve Maxilon Yellow (MY) boyalarının UV eğrisi



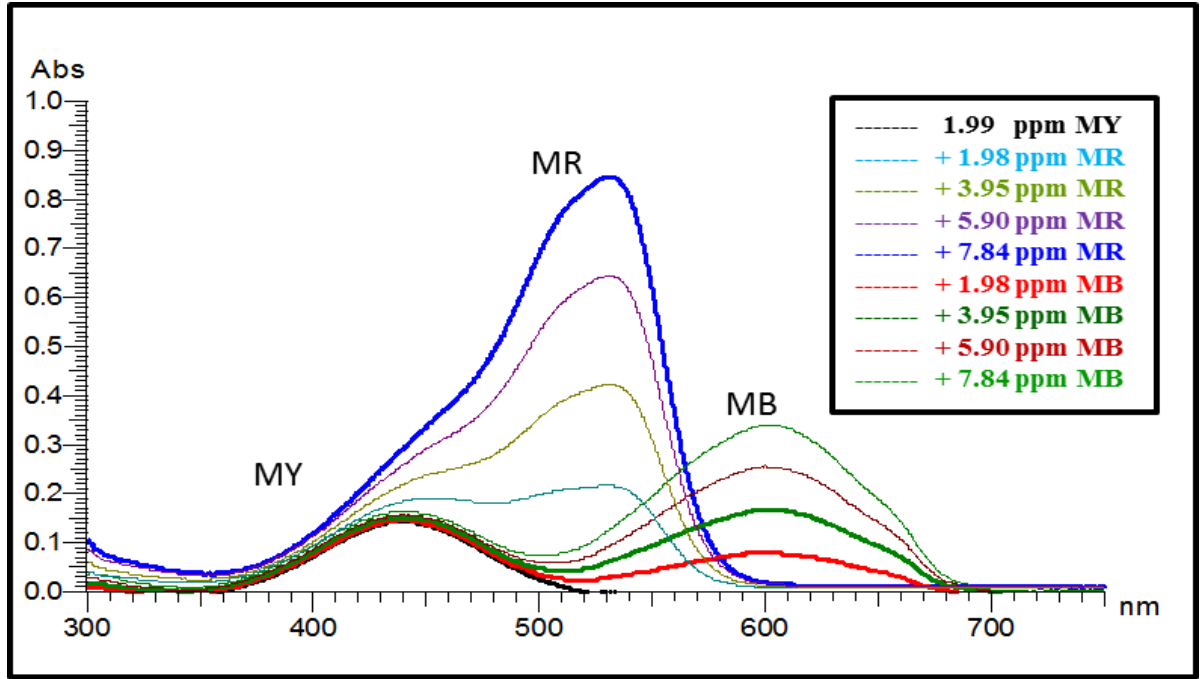
Şekil 6: Maxilon Red Boyasına ait IR Eğrisi

Şekil 7 de MY derişimi sabit tutulurken (17-19 ppm) 18-66 ppm aralığında artan derişimlerde MR ve MB eklenmesinin anodik ve katodik yöndeki SWV eğrileri üstüste çizdirilerek karşılaştırılmıştır. Diğer eğrilere görüldüğü gibi bu eğride de her boyanın karakteristik potansiyelinde derişimle doğru orantılı artan piklerini verdiğini grlmektedir. Eğride numaralandırılan piklerden; I ve X numaralı pik MR boyar maddesine aittir ve +1 V potansiyel değerinde karakteristik pikini verdiği grlmektedir. Hemen yanında +0,8V değerinde MB boyar maddesinin parmak izi grlmektedir (II ve IX). Kısım tersinir piklere sahip olan MB boyar maddesinin pikleri grlmektedir. (III ve VII). -0,6 V civarlarında yine kısmen tersinir olan MR boyar maddesinin karakteristik pikleri grlmektedir (IV ve VI), IV nolu pik iki kademeli görüntüde başlayıp artan derişimlerde net pik görüntüsünü almıştır. V nolu pik ise MR boyar maddesine ait olup tersinmez görüntü oluşturmaktadır.

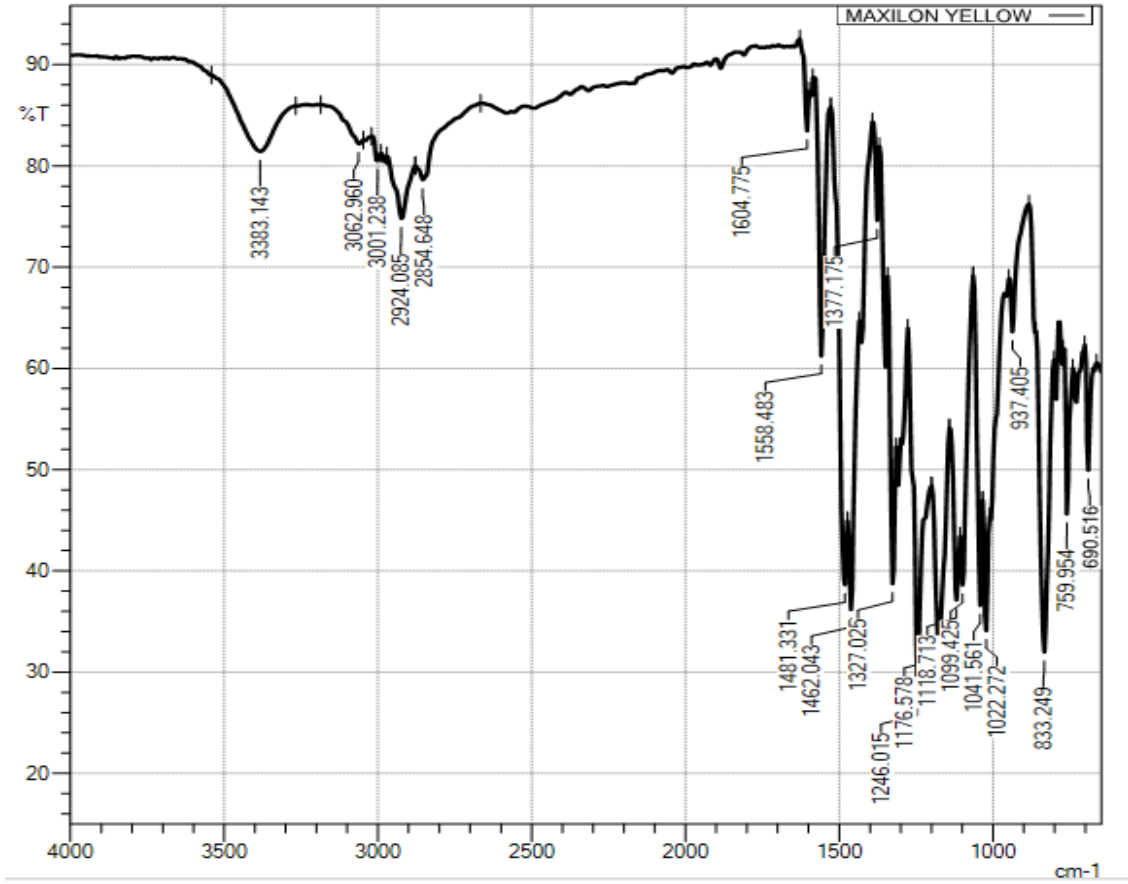


Şekil 7: pH10 tamponlanmış ortamda Maxilon Yellow (MY) eğrisi zerine Maxilon Blue(MB) ve Maxilon Red (MR) boyalarının SWV eğrisi

UV eğrisinde ise MY boyası sabit tutulduğunda tüm boyaların karakteristik dalga boyu değerlerinde absorbans yaptđı grlmektedir. IR eğrisinde parmak izi bölgesinde karakteristik dalga sayısı değerleri grlmektedir.



Şekil 8: pH 10 tamponlanmış ortamda Maxilon Yellow (MY) eğrisi üzerine Maxilon Blue(MB) ve Maxilon Red (MR) boyalarının UV eğrisi



Şekil 9: Maxilon Yellow Boyasına ait IR eğrisi

SON DEĞERLENDİRME

Yaygın kullanılan tekstil boyası tiplerinden rastgele seçilmiş üçer tanesi ile yapılan voltametrik çalışmalarda yükseltgenme ve indirgenme piklerinin pH ile değişimi, pik potansiyellerindeki kaymanın, pik büyüklük ve yapılarının değişmesi, belli bir pH aralığında ortaya çıkan veya kaybolan piklerin belirlenmesinin karakterizasyon açısından önemlidir. Bunun yanında sulu çözelti ortamında boyalar karışım halinde iken her boyanın kendi potansiyel değerinde pik vererek karakterize edilebildiği belirlenmiştir. UV eğrilerinden boyaların maksimum absorbans yaptığı dalga boyundaki değerlerin geniş bir aralıkta pH ile fazla değişmediği, IR eğrilerinde ise her üç boyanın da parmak izi bölgesi olan 1000- 1500 cm^{-1} aralığındaki çok sayıda spesifik pike sahip olduğu, ancak bunların teker teker anlamlandırılmasının zor olacağı görülmüştür. Bu çalışmalarla her boyanın belirli bir potansiyelde, dalga boyunda ve dalga sayısı değerinde parmak izlerinin ortaya konulabileceğini göstermiştir. Ancak UV ve IR ile yapılan çalışmalarda kullanılan boya ve kimyasallar saf madde olmadığı için genel bilgiler elde edilebileceği parmak izi şeklinde kategorize edebilmek için elektrokimyasal tekniklere başvurulması gerektiği görülmektedir.

Ülkemizin üretim, istihdam, ihracat gibi açılardan en önemli ve ekonomik sektörlerinin başında yer alan tekstil endüstrisi, özellikle katma değeri yüksek olan teknik tekstil, bu alana yönelik proseslerin dışa bağımlılıktan çıkarılması, bu alanda kullanılmakta olan kimyasal maddelerin üretilebilmesi, üretimlerin kalite ve standartlara uygunluğu, bu uygunluğun belgelenmesi gibi gerekçelerle, kullanılan kimyasal ve boyalara ait bir veri tabanı oluşturulması kilit bir işlevselliğe sahip olacaktır. Etkime mekanizmaları çoğunlukla H^+ ve/veya elektron alışverişine dayalı olan başta tekstil boyaları olmak üzere kullanılan kimyasal maddelerin voltametrik davranışlarının pH ile değişimlerinin incelenmesi, parmak izlerinin belirlenmesi ölçüsünde karakteristik olabilir. Bu amaca yönelik bir çabanın, tekstil alanındaki iddiasını korumayı hedefleyecek Bursa ilinde başlaması önemlidir.

Oluşturulacak ve zamanla kapsamı genişleyecek olan veri tabanı, farklı tedarikçilerden temin edilen kimyasalların eşdeğerliği, nitelik ve kalitesi üzerinde oluşan belirsizliği ortadan kaldırma konusunda vazgeçilmez öneme sahip olabilecektir. Kimyasal proseslerin kalite sürekliliğinin sağlanması, üretim koşullarına olduğu kadar, kullanılacak kimyasalların nitelik ve kalitelerine bağlı olduğu, günümüzde tekstil ürünlerinin giderek teknik tekstil pazarına hitap ettiği düşünülürse, tekstil ürünü üzerine uygulanan kimyasal proseslerin standart hale getirilebilmesi adına önemli bir çalışma niteliğindedir. Yaklaşık üç yıldır bir yüksek lisans tezi kapsamında sürdürülen, Uluslar arası platformlarda iddiası ortaya konmaya başlanan çalışmamızın, BUTEKOM teknik kadroları ile oluşturulan bir ortak ekip çalışması ile hazırlanarak bir TEYDEB projesi olarak TUBİTAK 'a önerilmesi aşamasına gelmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] NACE Rev.2: Statistical classification of economic activities in the European Community, Eurostat, Methodologies and Workingpapers, ISSN 1977-0375
- [2] ISIC REV. 3 TECHNOLOGY INTENSITY DEFINITION: Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities, OECD Directorate for Science, Technology and Industry Economic Analysis and Statistics Division, 2011
- [3] Characterization of the textile anthraquinone dye Reactive Blue 4, W.J. Epolito et al., Dyes and Pigments 67 (2005), 35-46
- [4] Characterization of flavonols in plants used for textile dyeing and the significance of flavonol conjugates, C. Mouri et al., Dyes and Pigments 100 (2014), 135-141
- [5] Molecular structure and UV-Vis spectral analysis of new synthesized azo dyes for application in polarizing films, S. 10 Shahab et al., Dyes and Pigments 129 (2016), 9-17

- [6] Studies of the voltammetric behaviour and determination of diazo reactive dyes at mercury electrode, C. Guaratini C. et al, Electroanalysis, 2001, 13(18), 1535-1543
- [7] Electrochemical characterization of azo dye (E)-1-(4-((4- (phenylamino)phenyl) diazenyl)phenyl) ethanone (DPA), O. Surucu et al., Electrochimica Acta 195 (2016) 175–183
- [8] Polarographic and voltammetric investigation of 3-allyl-4-hydroxyazobenzene, N. Menek et al., Dyes and Pigments 61(2004) 85–91
- [9] Electrochemical synthesis and characterization of branched viologen derivatives, N. Wang et al, Electrochimica Acta 154 (2015), 361–369
- [10] Application of voltammetric technique to the analysis of indanthrene dye in alkaline solution, M. V. B. Zanon et al, Dyes and Pigments 68 (2006), 19-25
- [11] Electrochemical Characterization of Cotton Reactive Dyes, D.Yılmaz and M.H. Türkdemir, 10th Aegean Analytical Chemistry Days, (AACD2016), 2016, Çanakkale-Turkey
- [12] A Novel Approach to Characterization and Analysis of Cationic Textile Dyes, D.Yılmaz and M.H. Türkdemir, 10th Aegean Analytical Chemistry Days, (AACD2016), Çanakkale-Turkey

Sorumlu Yazar:

M. Haluk TÜRKDEMİR

Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

E-mail: hturkdemir@uludag.edu.tr

Sunumla ilgili belirtilmesi gerekenler

1. Sunumun niteliği :Sözlü sunum.

2. Türkiye’deki Tekstil Kimyasalları Üretiminin Uluslararası Rekabet Gücü

Hava Kirleticilerinin TiO₂ Katalizörü ile Fotokatalitik Bozunması TiO₂ Catalyzed Photocatalytic Degredation of Air Pollutants

Duygu G R.¹, Şule A.¹, Aysu A.² ve Ali K.²

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü, 16310, Bursa, Türkiye

² Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

E-mail adresi: duygu.gazioglu@btu.edu.tr

ÖZET

Dünyada gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliği ciddi bir problemdir. İç hava kirliliği de canlı sağlığı için en önemli çevre kirliliklerinde birisi haline gelmiştir. Filtrasyon, adsorpsiyon, iyonizasyon, ozon oksidasyon gibi birçok farklı metot iç hava kirleticilerinin giderilmesinde kullanılmaktadır. Fotokataliz, katalistin UV ya da görünür radyasyonla aktive olması prosesidir. Diğer yarıiletken katalistlerle karşılaştırıldığında nano kristalin titanyum dioksit (NTO) kimyasal ve biyolojik olarak inert, fotostabil ve düşük üretim maliyetine sahiptir. Çevreye zararlı olmayan ve etkili bir fotokatalizör olmasından dolayı su ve hava arıtımı uygulamalarında oldukça fazla kullanılmaktadırlar. Günümüzde havadaki organik kirleticileri elimine edebilmek amacıyla heterojen yapıya sahip TiO₂ fotokatalizör uygulamaları bulunmaktadır. Benzen, tolüen ya da BTEX, asetik aldehit, aseton, fenol, formaldehit, alkol glikolleri ve literatürdeki diğer organik bileşiklerin bozunması TiO₂ fotokatalizör uygulamalarına örnek verilebilir. Sol-Jel ve daldırmalı kaplama gibi metotlar ile TiO₂ katalizörleri katı yüzey üzerine uygulanmaktadır. Bu çalışmada basit ve ekonomik olan daldırmalı kaplama yöntemi kullanılarak, oda koşullarında TiO₂ katalizörleri polipropilen kumaş üzerine uygulanmıştır. Kaplamanın hem adsorpsiyon hem de fotokatalitik oksidasyon etkisi tolüen gazı kullanılarak gözlemlenmiştir. Sonuçlar GC-MS ile analiz edilerek yorumlanmıştır.

ABSTRACT

Environmental pollution is a serious problem for the developing and the developed countries in the world. Indoor air pollution has become one of the top environmental risks to human health. Various control technologies, such as filtration, adsorption, ionization, ozone oxidation etc., have been used for indoor air purification of different pollutants. Photocatalysis is a process by the activation of a catalyst, usually a semiconductor oxide, by ultraviolet (UV) or visible radiation. Compared to other available semiconductor photocatalysts, Nanocrystalline titanium dioxide (NTO) is chemical and biological inert, photostabil and it has low production cost. NTO is a predominant advanced oxidation process for the purification of water and air because of its efficiency and eco-friendliness. At present, the possibility of applying the heterogeneous photocatalysis using TiO₂ is being used to eliminate organic pollutants from air. Many examples of catalytic TiO₂ working on the decomposition of organic compounds, for example benzene, toluene or BTEX sums, acetic aldehyde, acetone, phenol, formaldehyde, alcohol glycols, and others were described in literature. Sol-gel, dip coating and etc. have been developed for applying TiO₂ catalysts onto solid surface. In the present study, a simple and economical dip coating method was developed to effectively apply TiO₂ nanoparticles onto a polypropylene fabric at room conditions. Both of adsorption and photocatalytic oxidation efficiency evaluation of the coating was carried out using gaseous toluene with the results supported by GC-MS analyses.

GİRİŞ

Yüksek toksisiteleri ile uçucu organik bileşikler (UOB) en önemli iç ortam kirleticileri arasındadır [1]. İç ortamda bulunan UOB'lerin en büyük sıkıntısı pek çok farklı kaynaktan yayılabilmeleri ve ortamdaki başka materyallerle veya başka UOB'lerle farklı reaksiyonlar vererek istenmeyen yan ürünlerin oluşumuna da neden olmalarıdır. Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortam havasında gaz halde bulunurlar. UOB'lerin neden olduğu en yaygın semptomlar; göz, burun ve boğazda tahriş; baş ağrısı, koordinasyon kaybı, bulantı; akciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminde hasardır. Ayrıca bazı organik maddeler hayvanlarda ve insanlarda kansere neden olabilmektedirler [2].

İç ortam havasının temizlenmesine yönelik olarak yapılan çeşitli uygulamalar vardır. En yaygın olarak kullanılan uygulamalar, fotokatalitik etki, filtrasyon, ozon içeren sistemler, plazma uygulamaları, adsorpsiyon ve ultraviyole (UV) ile ışınlamadır. Fotokatalitik oksidasyon (PCO), uçucu organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında en inovatif ve umut verici yöntem olarak gösterilmektedir. İlk çalışmalar 1972 yılında Fujishima ve Hoda tarafından TiO_2 kullanımı ile başlatılmıştır [3].

Hava temizleme çalışmaları incelendiğinde en fazla çalışmanın fotokatalitik oksidasyon konusuna yoğunlaştığı görülmüştür. TiO_2 bu çalışmalarda en çok kullanılan malzemedir. Bazı çalışmalarda katalistin performansını yükseltmek için ozon kullanımı da söz konusudur. Fotokatalitik oksidasyon hemen hemen tüm kirleticiler (aldehit, aromatik, alkan, olefin, halojenli hidrokarbonlar vb.) üzerinde etkilidir [4].

Fotokatalitik özellik, UV ışınları ile oluşan kimyasal reaksiyon sonucunda yüzeydeki kirlerin parçalanıp yok edilmesidir. Işık mevcut olduğunda, fotokatalistler zararlı organik kimyasal maddeleri karbondioksit ve su olarak ayrıştırıp detoksifiye edebilir. Fotokatalitik proses fotonun enerjisi fotokatalizörün band aralık enerjisine eşit ya da daha büyük olduğu zaman başlayıp moleküler uyarılma ile sonuçlanmaktadır. Bu olay sonucunda, katalizörün yüksek enerjili iletkenlik bandında hareketli elektronların ve düşük enerjili değerlik bandında pozitif boşlukların üretildiği gözlenmektedir [3,5].

Fotokatalitik oksidasyon ile kirlilikler giderilirken, sistemde TiO_2 gibi zehirli olmayan, ucuz, kararlı bir yarı iletken katalizör olarak kullanılmakta ve uygun dalga boylu bir ışınla (UV) ışınlanmaktadır. Böylece katalizör yüzeyinde elektron-boşluk çiftleri oluşmakta ve bu çiftler redoks tepkimelerine girerek hidroksil radikallerini üretmektedir. Bu radikallerin kirlilikleri CO_2 , H_2O ve mineral asitlere dönüştürmesiyle giderim gerçekleşmektedir. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken husus, elektron ve elektron-boşluk yeniden birleşimi gerçekleştiğinde proste verim azalmakta ve fotondan sağlanan enerji boşuna harcanmaktadır. Bu nedenle elektron-boşluk çiftinin yeniden birleşmesi fotokatalitik prosesin verimini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisi olarak bilinmektedir [6].

DENEYSEL KISIM

Plazma Prosedürü

Polipropilen kumaşın kaplama yeteneğini artırabilmek için plazma işlemi de uygulanmıştır. Çalışmada Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı'nda bulunan Electronic Diener-Pico Vakum Plazma cihazı kullanılmıştır. 40 kHz'de LF(low temp.) <50 santigrad derece, 0,35 mbarda, 100watt'ta azot gazı ile çalışılmıştır. 0,5-1-2 dakika plazma işlemi uygulanmıştır.

Daldırmalı Kaplama Prosedürü

Çalışmada BTÜ laboratuvarlarında bulunan Holmarc (Opto Mechatronics) marka, HO-TH-01T Model daldırmalı kaplama ünitesi kullanılmıştır. Proses parametreleri; 1000 mikrometre/saniye (giriş hızı), 100 mikrometre/saniye (çıkış hızı), 60 sn (içerde bekleme süresi) olarak seçilmiştir. 0,5-1-2 dakika'lık plazma uygulanmış polipropilen kumaş numunelere TiO_2 ve polimer kaplama işlemi yapılmıştır.

UV Testleri

UV rejenerasyonu ile tolüenin bozulmasını gözlemleyebilmek amacı ile GC-MS kullanılmıştır. Degradasyon işlemleri TiO_2 etkileşimi için UV-C lamba seçilerek, UV kabini içinde gerçekleştirilmiştir.

İç hava kalitesi ölçüm sisteminde Tolüen (Merck, %99,00 saflıkta) iç hava kirleticisi olarak kullanılmıştır. Numuneler, vakumlanabilen ve içerisindeki basınç, sıcaklık, nem değerleri online ölçülebilen 500 mililitre hacminde cam reaktörde test edilmiştir.

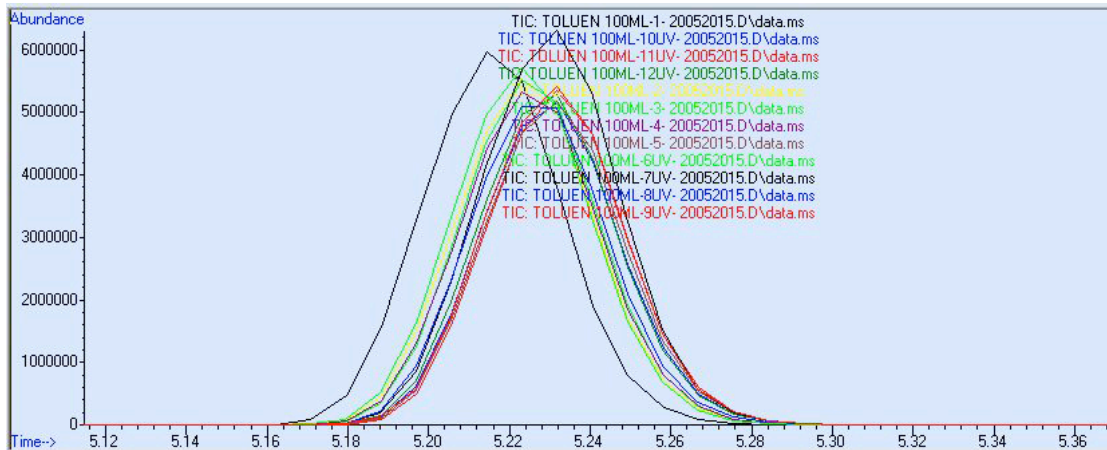
Numune test işlem adımları:

- 1-Test odacığı, oda koşullarında şartlandırılmış, sıcaklık, nem ve basınç değerleri bilgisayar programı ile online olarak gözlemlenmiştir.
- 2-Test edilecek olan tekstil numunesi test odacığına yerleştirildikten sonra test odacığı öncelikle vakumlanmıştır.
- 3-Ardından iç hava kirleticisi olarak kullanılmak üzere belirlenmiş tolüen cam reaktör içerisine sıvı şırıngası ile enjekte edilmiş ve gazlaşması için beklenmiştir. Test odacığı içerisinde homojen bir gaz karışımı elde etmek için sistem manyetik karıştırma uygulanarak bekletilmiştir.
- 4-Belli zaman aralıklarında sistemin gaz numunesi çıkışından alınan gaz numuneleri GC-MS cihazı ile analiz edilmiştir.
- 5- Test sistemi UV kabiniye koyularak 1 saat UV lambalara maruz bırakıldıktan sonra her yarım saatte sistemin gaz numunesi çıkışından alınan gaz numuneleri GC-MS cihazı ile analiz edilmiştir.

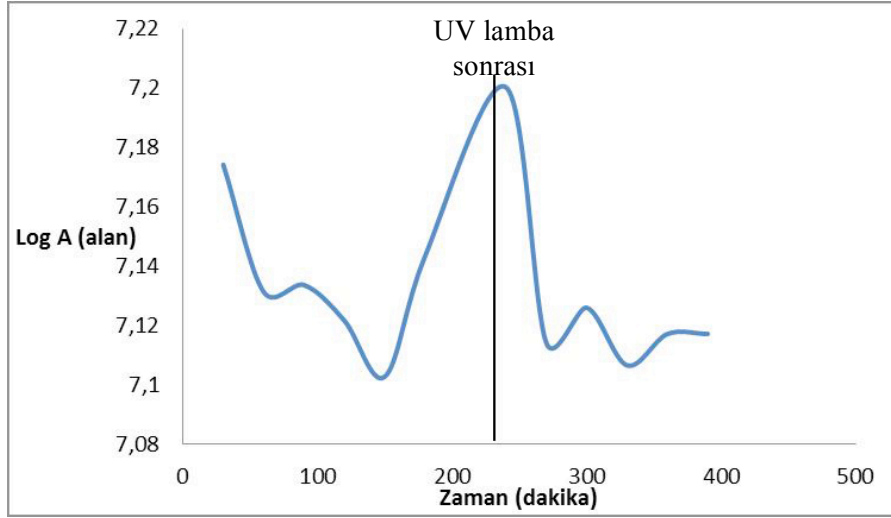
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Fotokatalitik Bozunma

100 μ l sıvı tolüen kullanılarak kuartz camdan üretilmiş test odacığında titanyumdioksit kaplı kumaş numunesi (1,15 gram) test edilmiştir. Deney şartlarına göre kurulmuş olan sistemden gün içerisinde toplamda 12 adet gaz numunesi gaz geçirmez şırınga ile alınarak GC-MS de test edilmiştir. 1-2-3-4-5-6 nolu analizler için ortamdan gaz numunesi alınarak sonuçlar elde edilmiştir. 7-8-9-10-11-12 nolu analizler yapılırken de test sistemi UV kabiniye konulmuştur ve bir saat beklendikten sonra numuneler sırasıyla her yarım saatte bir alınıp rejenerasyon sonuçları gözlemlenmeye çalışılmıştır.

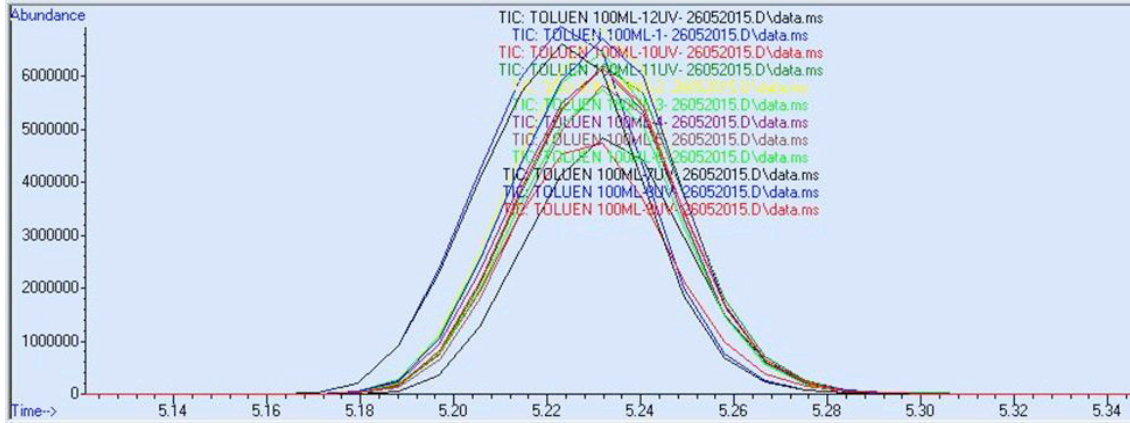


Şekil 1. 100 μ l sıvı tolüen kullanılarak test edilen aktif karbon+titanyum dioksit+titanyum dioksit kaplı kumaş numunesi

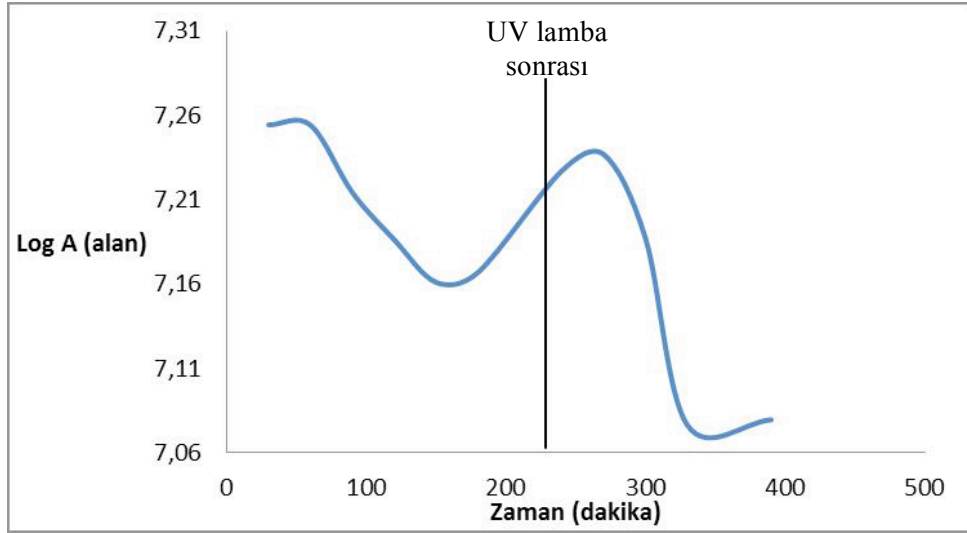


Şekil 2. 100 μ l sıvı tolüen ile aktif karbon+titanyum dioksit+titanyum dioksit kaplı kumaş numunesi için konsantrasyonun zamanla değişimi

100 μ l sıvı tolüen kullanılarak kuartz camdan üretilmiş test odacığında polimer kaplı kumaş numunesi (0,861gram) test edilmiştir ve 1-2-3-4-5-6 nolu analizler için ortamdan gaz numunesi alınarak sonuçlar elde edilmiştir. 7-8-9-10-11-12 nolu analizler yapılırken de test sistemi UV kabine konulmuştur ve bir saat beklendikten sonra numuneler sırasıyla her yarım saatte bir alınıp rejenerasyon sonuçları gözlemlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3. 100 μ l sıvı tolüen kullanılarak test edilen polimer kaplı kumaş numunesi



Şekil 4. 100 µl sıvı tolüen ile polimer kaplı kumaş numunesi için konsantrasyonun zamanla değişimi

SONUÇLAR

Bu çalışmada, UV radyasyonu kullanılarak ortamda adsorplanan tolüenin parçalanması sağlanmaya çalışılmış ve sonuçlar GC-MS ile ölçülmüştür. Şekil 1 ve Şekil 2 birlikte değerlendirildiğinde, UV uygulaması sonrasında konsantrasyonda gözlenen düşüşün, aktif karbonun bir miktar tolüeni adsorbe etmesinden ve titanyumdioksit etkisi ile tolüen rejenerasyonunun gerçekleşmesinden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde ise polimerde UV sonrası belirgin bir konsantrasyon düşüşünün olduğu görülmektedir. Bu sonuçta, sentezlenen polimerin yapısında bulunan TiO_2 'nin fotokatalitik degradasyon özelliğinin etkili olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Alyüz B, Veli S, *Trakya University Journal of Natural Sciences* 2006, **7**(2), 109-116.
- [2] EPA, <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/fadsorb.pdf>, , Son erişim tarihi: 13 Nisan 2017
- [3] Mo J, Zhang Y, Xu Q, Lamson J J, Zhao R, *Atmospheric Environment* 2009, **43**, 2229–2246.
- [4] Obee T N, Brown R T, *Environmental Science & Technology* 1995, **29**, 1223-1231.
- [5] Zhang Y, Moa J, Li Y, Sundell J, Wargocki P, Zhang J, Little J, Corsi R, Deng Q, Leung M, Fang L, Chen W, Li J, Sun Y, *Atmospheric Environment* 2011, **45**, 4329-4343.
- [6] Lasa H D, Serrano B, Salaices M, *Springer* 2005.

Sorumlu yazar:

Şule ALTUN

Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü

E-mail: sule.altun@btu.edu.tr

Sunumla ilgili belirtilmesi gerekenler

1. Sunumun niteliği: **sözlü sunum**

2. Konferans konuları içerisinde hangi konu başlığı altında değerlendirilebileceği (Konferans konularını web sitesinden görebilirsiniz <http://www.tekstilsempozyumu.org/>).

Carbon footprint of antibacterial cotton fabric produced with sol-gel method

Yeşim ÜNVAR¹, Aysun AKŞİT¹ and Eylem KILIÇ^{2*}

¹ Dokuz Eylül University Faculty of Engineering, Textile Engineering Department, 35397 İzmir, Turkey

² Usak University Faculty of Engineering, Material Science and Nanotechnology Department, 64100 Usak, Turkey

E-mail of the Presenting Author: yesimunvar@yahoo.com

***Corresponding author:** Eylem KILIÇ, Usak University Faculty of Engineering, Material Science and Nanotechnology Department, 64100 Usak, Turkey, E-mail: eylem.kilic@usak.deu.edu.tr

ABSTRACT

In the last decade, with increasing environmental concerns in textile sector and in many industrial fields, a growing number of studies have been carried out on developing systems and processes to reduce environmental impacts and production costs derived from energy, water and chemical use [1]. A major part of potential environmental impacts during life cycle of the textile products have originated from the use phase [1, 2, and 3]. Particularly use stage of the cotton garments is a dominated process in terms of energy consumption and greenhouse gas emissions, due to its requirement for more intense washing and longer drying times in comparison with the synthetic products [2]. In this sense, together with increase in global temperature, antibacterial textiles have distinctive significance in terms of both reducing environmental impacts and providing hygiene and comfort through creating changes in consumer behavior such as "reducing frequency of washing" [1].

In recent times, the interest in the studies regarding applications of the antibacterial finishing has increased significantly with the growing environmental awareness. Because the antibacterial finishing processes enable preventing odors in fabrics, developing defense against pathogens and conserving consumable natural resources by reducing the frequency and the temperature of washing in the use phase. Although a lot of studies devoted to different antibacterial applications, yet the studies are still limited which conducted using life cycle analysis (LCA) as a decision support tool in the system analysis of antibacterial fabrics with the aim of creating an environmentally friendly configuration for sustainable production and consumption.

In this study a life cycle analysis was performed to determine and evaluate the environmental impacts caused by production of the antibacterial cotton fabric with the sol-gel method based on the data previously reported by Aksit and her team, and then a comparative assessment with the conventional finishing process was carried out [4, 5]. Life cycle inventory data for conventional antibacterial finishing process was collected from an existing textile company. Silane quaternary ammonium compound was used as antibacterial agent for conventional impregnation method and the nanosol which containing titanium isopropoxide and silver nitrate as antibacterial precursors was used for sol-gel method. LCA has been carried out using the GaBi 6 Software (Thinkstep). The potential environmental impacts caused from production of the antibacterial cotton fabric were obtained using factors defined by Centrum voor Milieukunde Leiden (CML). The preliminary results show that sol-gel method has better process efficiency in terms of energy and resource consumption, and have lower global warming potential than conventional process. In addition, according to the study within the scope of ERANET project, results of "0" and "1" contact time at the AATCC test method for the antibacterial fabrics which are obtained using

sol-gel technology show that there isn't any bacterial growth. This result related to antibacterial cotton fabrics is also meaningful because of providing less washing frequency and longer usage time.

Sol-jel teknolojisi kullanılarak elde edilen antibakteriyel pamuklu kumaşların karbon ayak izi

Yeşim ÜNVAR¹, Aysun AKŞİT¹ ve Eylem KILIÇ^{2*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 35397 İzmir, Türkiye

²Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, 64100 Uşak, Türkiye

E-mail adresi: (sunum yapan araştırmacı) yesimunvar@yahoo.com

***Sorumlu yazar:** Eylem KILIÇ, Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, E-mail: eylem.kilic@usak.deu.edu.tr

ÖZET

Son on yılda çevresel kaygıların giderek artmasıyla birlikte tekstil sektörü ve birçok endüstriyel alanda; enerji, su ve kimyasal kullanımından doğan çevresel etkileri azaltan ve aynı zamanda maliyetlerin düşmesine olanak sağlayan sistem ve süreçlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar giderek artmaktadır [1]. Tekstil ürünlerinin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan potansiyel çevresel etkilerinin büyük bir kısmı kullanım aşamasından kaynaklanmaktadır [1,2,3]. Özellikle pamuklu giysilerin kullanım aşaması, sentetik ürünlere göre daha yoğun bir yıkama ve daha uzun kurutma süresi gerektirmesinden dolayı enerji tüketimi ve sera gazı salımı baskın olan bir süreçtir [2]. Bu anlamda artan küresel sıcaklıkla birlikte tüketici davranışlarında “yıkama sıklığını azaltmak” gibi değişimler yaratarak hem çevresel etkileri azaltması hem de hijyen ve konfor sağlaması açısından antibakteriyel tekstiller ayrı bir öneme sahiptir [1].

Yakın dönemde antibakteriyel bitim uygulamalarına yönelik çalışmalara olan ilgi, çevresel farkındalığın da artmasıyla önemli bir ölçüde artmıştır. Çünkü antibakteriyel bitim işlemleri ile kumaşlarda kötü kokuların önlenmesi, patojenlere karşı savunma geliştirilmesi, kullanım aşamasında yıkama sıklığının ve sıcaklığının azaltılarak tükenebilir doğal kaynakların korunması olanaklı hale gelmektedir. Ancak farklı antibakteriyel uygulamalara yönelik oldukça fazla çalışma bulunmasına rağmen, sürdürülebilir üretim ve tüketim için çevreyle dost yapılandırmayı oluşturmak amacıyla antibakteriyel kumaşların sistem analizinde karar destek aracı olarak yaşam döngüsü analizi (YDA) kullanılarak yürütülen çalışmalar henüz kısıtlı sayıdadır.

Bu çalışmada Akşit ve ekibi tarafından yapılan çalışmanın verilerine dayanarak sol-jel teknolojisi ile pamuklu antibakteriyel kumaş üretiminden kaynaklanan çevresel etkileri belirlemek ve değerlendirmek için yaşam döngüsü analizi yürütülmüş ve konvansiyonel bitim işlemiyle karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılmıştır [4, 5]. Konvansiyonel antibakteriyel uygulama için yaşam döngüsü verilerine ait bilgiler bir tekstil firmasından alınmıştır. Konvansiyonel emdirme yöntemi için antibakteriyel kimyasal olarak silan kuarterner amonyum bileşiği, sol-jel yönteminde ise antibakteriyel başlatıcı olarak titanyum isopropoksit ve gümüş nitrat kullanılmıştır. YDA, GaBi 6 yazılımı (thinkstep) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Antibakteriyel pamuklu kumaş üretiminin sebep olduğu potansiyel çevresel etkiler, Leiden Üniversitesi Çevre Bilim Merkezi (Centrum voor Milieukunde Leiden, CML) tarafından belirlenen faktörler kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen ilk sonuçlar sol-jel yönteminin konvansiyonel yöntemle göre enerji ve kaynak tüketimi açısından daha iyi proses verimliliğine ve daha az küresel ısınma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca ERANET projesi [5] kapsamında yapılan çalışmaya göre sol-jel

teknolojisi kullanılarak elde edilen antibakteriyel kumaşların AATCC 100 test yöntemi “0” ve “1” temas zamanı sonuçları bakteri üremesi olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, antibakteriyel pamuklu kumaşların daha az yıkama sıklığına ve daha uzun süre kullanıma olanak vermesi açısından da anlamlıdır.

GİRİŞ

Küresel nüfusun artması ve özellikle gelişmekte olan ekonomilerde refah seviyelerinin yükselmesiyle birlikte gelecekte tekstil tüketiminin daha da artması beklenmektedir [6]. Gelişmiş ülkelerdeki mevcut tüketime ek olarak gelişmekte olan ülkelerde beklenen bu büyük potansiyel tüketim eğiliminin, tekstil üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan çevresel etkilerde keskin bir artışa sebep olması beklenmektedir [1]. Bir tekstil ürününün yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan çevresel etkiler, büyük oranda kullanım aşamasından kaynaklanmaktadır [1, 3, 6, 7, 8]. Özellikle pamuklu giysilerin kullanım aşaması, sentetik ürünlere göre daha yoğun bir yıkama ve daha uzun kurutma süresi gerektirmesinden dolayı enerji tüketimi ve sera gazı salımı baskın olan bir süreçtir [2]. Tekstil ürününün tür ya da yapısından ayrı olarak, tüketicilerin tekstil ürünlerine ilişkin yıkama alışkanlıkları ve bakım davranışları kültürel yapıya sıkı sıkıya bağlı olarak değişmekte ve kullanım sırasında beklenenden daha farklı seviyelerde doğal kaynak tüketimine ve çevresel bozunmaya yol açabilmektedir [9, 10].

Antibakteriyel uygulamalar tipik olarak, tekstil yüzeylerinin mikroorganizmalara karşı direnç geliştirmesini, dayanım artışı sağlayarak daha uzun süre kullanılabilirliklerini ve koku oluşumuna neden olan bakterilerin kolonileşmelerini engelleyerek nispeten temiz kalmalarını sağlamaktadır [11]. Tekstillerin bakım ve temizliği konusunda antibakteriyel uygulamaların, tek başına tamamen yıkama ya da diğer temizleme yöntemlerinin yerini alması olanaklı değildir [12]. Ancak yaşam döngüsü perspektifinden antibakteriyel tekstil ürünlerinin kullanımının birçok potansiyel çevresel faydaları bulunmaktadır. Antibakteriyel uygulama görmüş bir tekstil yüzeyi tüketicilere, yıkama sıklığı ve/veya yoğunluğunu azaltma seçeneği sunmaktadır [12]. Yıkamalar arasında hijyen ve konfordan ödün vermeksizin daha fazla süre giyilebilen bir giysinin bakım ve temizliği sırasında su ve kimyasal kullanımı ile enerji tüketimi azaldığından kullanım aşamasından gelen CO₂ salımı da potansiyel olarak azalmaktadır [1]. Ayrıca bu tip tekstiller, yıkama başına daha az su, kimyasal (deterjan vb.) kullanımına ve daha düşük sıcaklıklarda yıkamaya olanak vermektedirler [13]. Bu nedenle suyun yüksek sıcaklıklara ısıtılması sırasında harcanan enerji de azalmaktadır. Sayılan avantajlara paralel olarak antibakteriyel tekstillerin kullanımıyla, temizlik ve bakım maliyetlerinde de azalma sağlanabilmektedir. Ancak genellikle tüketiciler, giyim ürünlerinin çevreye zararlı etkileri olabileceği bilgisinden yoksun oldukları için etik ve sürdürülebilir tekstil tüketimine çok fazla dikkat etmemektedirler [14]. Bunun için tüketicilerin antibakteriyel ürünler kullanmaya teşvik edilmesi gibi kullanıcı merkezli stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, ürün ve kullanıcı arasındaki etkileşimin kalitesini artırarak tüketici davranışlarının daha sürdürülebilir bir yönde değiştirilmesi açısından önemlidir [15].

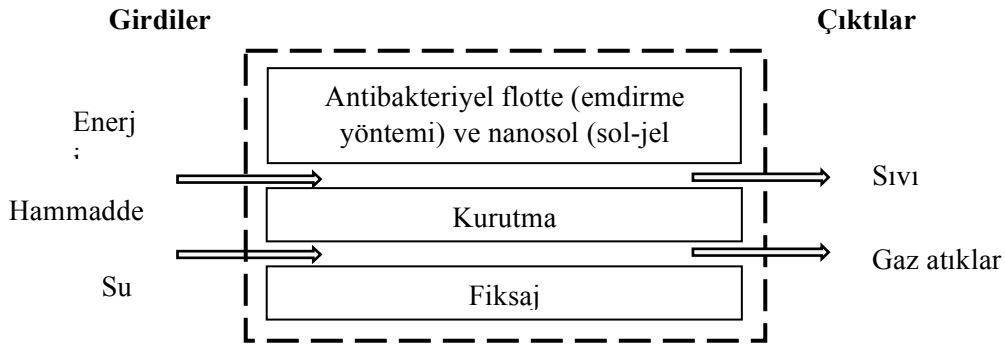
Tekstil ürünlerini işlerken çok büyük miktarlarda su, kimyasal ve enerji kullanılmasından dolayı tekstil üretim zincirinde her bir proses adımı, çevreye zararlı etkilere sahiptir [16]. Tekstil endüstrisinde bu enerji ve kütle girdilerinin esas tüketim kaynağını ön terbiye, renklendirme ve bitim işlemleri gibi yaş işlemler oluşturmaktadır [17]. Benzer şekilde çıktılar göz önünde bulundurulduğunda sıvı atıkların çevresel etkisinin, katı ve gaz atıklara göre daha baskın olduğu söylenebilir. [18]. Bu nedenle tekstil yaş işlemleri endüstrisi, temiz üretim stratejileri kapsamında suyun geri dönüşümü ve değerli kimyasalların geri kazanımı ile ilgili geliştirme çalışmaları noktasında oldukça önem taşımaktadır [19]. Birincil hammadde ve enerji tüketiminin azaltılarak proseslerin kaynak verimliliğinin artırılmasıyla atık oluşumundan kaçınmak ve en aza indirmek, kimya endüstrisi için süregelen öncelik [20] olduğu gibi tekstil yaş işlemleri endüstrisinde de önem verilen başlıca geliştirme ve iyileştirme konularındandır.

Çalışma kapsamında antibakteriyel bitim işlemleri boyunca oluşan yaş atıkları kaynağında azaltacak alternatif bir yöntem olarak sol-jel tekniğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yenilikçi ve sürdürülebilir antibakteriyel tekstil ürünlerinin geliştirilebilmesi için öncelikle enerji tüketimi ve çevresel etkilerde ana

nedenlerin sistematik olarak belirlenmesi gerekmektedir [10]. Bu sebeple, konvansiyonel yaş işlemler ile sol-jel yönteminin sistematik ve bütünlük bir yaklaşımla çözümlenmesinde yaşam döngüsü analizi yöntemi kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Konvansiyonel yöntem için 145 g/m² ve sol-jel yöntemi için 154 g/m² gramajlara sahip %100 pamuklu kumaşlara ait veriler analiz edilmiştir. Konvansiyonel olarak emdirme yöntemi, alternatif yaş işlem yöntemi olarak da sol-jel yöntemi incelenmiştir. Yaşam döngüsü analizi uygulaması için GaBi6 (Thinkstep) yazılımı ve Gabi veri tabanı kullanılmıştır. Antibakteriyel bitim işlemi görmüş pamuklu kumaşların potansiyel karbon ayak izinin belirlenmesi amacıyla çevresel etki kategorileri arasından küresel ısınma potansiyeli seçilmiş, etki değerlendirmesinde Leiden Üniversitesi Çevre Bilim Merkezi (Centrum voor Milieukunde Leiden, CML) tarafından belirlenen faktörler kullanılmıştır. Yaşam döngüsü analizi sonuçlarından fayda sağlaması amaçlanan hedef kitle, endüstri ve akademik çevreleridir. Çalışma kapsamında incelenen proses, antibakteriyel bitim işlemidir, işlevsel birim ise 1 kg pamuklu kumaş olarak belirlenmiştir. Analiz sistem sınırları belirlenirken antibakteriyel bitim uygulamasına kadar ve ondan sonraki tüm süreçler sistem dışında bırakılmış, yalnızca konvansiyonel ya da sol-jel yöntemine göre antibakteriyel flotte ve nanosol ile kumaşın muamele edilmesi, kurutulması ve fiksajı incelenmiştir. Sistem sınırlarına ilişkin şema Şekil 1.'de verilmiştir.

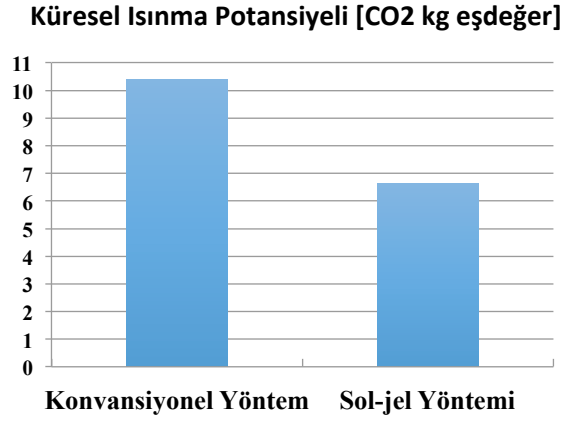


Şekil 1. Antibakteriyel bitim işlemi sistem sınırları

Envanter analizi, konvansiyonel yöntemle göre antibakteriyel bitim işlemi yapan bir tekstil firmasından alınan veriler ile DEÜ Tekstil Mühendisliği ve Sun Holding Ar-Ge Merkezi ile gerçekleştirilen ERANET projesi kapsamında sol-jel yöntemine göre yapılan uygulamaya ait veriler derlenerek oluşturulmuştur.

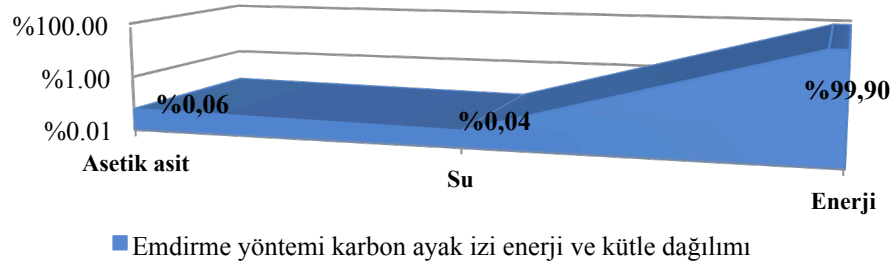
BULGULAR VE TARTIŞMA

Konvansiyonel ve sol-jel yöntemleriyle antibakteriyel özellik kazandırılan pamuklu kumaşların karbon ayak izi bulgularına ait grafik Şekil 2.'de verilmiştir.

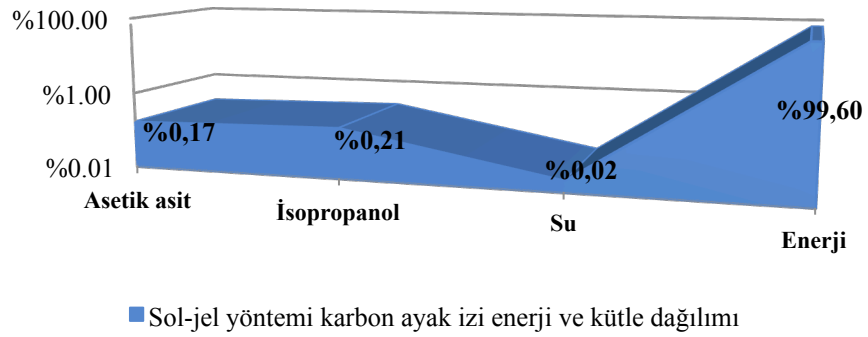


Şekil 2. Antibakteriyel pamuklu kumaşların karbon ayak izi

Enerji ve kütle girdilerinin karbon ayak izine oransal katkıları konvansiyonel yöntem ve sol-jel yöntemi için sırasıyla Şekil 3'te Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Enerji ve kütle girdisine bağlı olarak konvansiyonel yöntemin karbon ayak izi dağılımı



Şekil 4. Enerji ve kütle girdisine bağlı olarak sol-jel yönteminin karbon ayak izi dağılımı

Çözücü (su ve isopropanol) kullanımı ile kurutma ve fiksaj sırasında harcanan enerji girdilerinin küresel ısınma potansiyeline etkileri hesaplanmıştır. Gabi veri tabanında işlemde kullanılan diğer kimyasallara ilişkin proses verilerinin yer almaması nedeniyle hesaplamaya dahil edilememiştir. Üretim parametrelerinin potansiyel toplam karbon ayak izine bulundukları katkıların oranları göz önüne alındığında, enerji tüketiminin her iki üretim yöntemi için de ezici bir üstünlüğe sahip olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle enerji tüketimi küresel ısınma potansiyeline sebep olan ana etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Sol-jel yönteminde çözücü olarak su (600 ml) ve isopropanol (260 ml) kullanılırken, emdirme yönteminde yalnızca su (1000 ml) kullanılmasının, miktar olarak sol-jel yöntemine göre neredeyse iki katı olsa bile, çözücü türü açısından daha az küresel ısınma potansiyeline sebep olduğu görülmektedir. Ancak yine de bu göreceli katkıların karbon ayak izi açısından kayda değer bir etki yaratmadığını söylemek mümkündür.

Toplam karbondioksit salımına bakıldığında yöntemler arasındaki esas farkın, kurutma adımında harcanan enerji tüketim miktarı farklılığından kaynaklandığı görülmektedir. Sol-jel yönteminde enerji tüketimini azaltan unsurun, çözücü kütlesinin daha hızlı uzaklaşması ve kurutma süresinin kısalması olduğu söylenebilir. Bu sebeple hem su hem de toplam çözücü miktarının daha az olmasının sol-jel yöntemine kurutma adımında avantaj sağladığı düşünülmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada sol-jel yöntemi ile pamuklu antibakteriyel kumaş üretiminden kaynaklanan küresel ısınma potansiyelini belirlemek ve değerlendirmek için yaşam döngüsü analizi yöntemi kullanılarak konvansiyonel bitim işlemiyle karşılaştırmalı çevresel etki değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen ilk sonuçlardan antibakteriyel pamuklu kumaş üretiminin küresel ısınma potansiyeli üzerinde emdirme yönteminde enerji tüketiminin, sol-jel yönteminde ise kimyasal kullanımının baskın etkisi görülmektedir. Sol-jel yöntemi, konvansiyonel yöntemle göre daha az kütle girdisiyle antibakteriyel pamuklu kumaş üretimine olanak vermektedir ve karbon ayak izini azaltmaktadır. Kullanılacak kimyasalların niteliğinin, gerek küresel ısınma potansiyeli gerek farklı çevresel etki kategorilerinde belirleyici unsurlardan biri olduğu görülmektedir. Ancak veri tabanında kütle girdilerine ait proses verilerinin eksikliği ve/veya yokluğu envanter analizinde karşılaşılan temel sorunlardan birini oluşturmaktadır. Bu sebeple sol-jel yönteminin çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için ek laboratuvar çalışmaları yapılarak ve çevresel etki kategorileri genişletilerek daha kapsamlı bir analiz yürütülmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Yaşam döngüsü analizinin envanter analizi kısmında ticari ölçek verilerini sağlayan Ekoten Tekstil A.Ş.'ye katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Manda BMK, Worrell E ve Patel MK, *Resources, Conservation and Recycling* 2015, Prospective life cycle assessment of an antibacterial T-shirt and supporting business decisions to create value, **103**, 47-57.
- [2] Madsen, Jacob, Hartlin, Bryan, Perumalpillai, Shahila, Selby, Sarah ve Aumônier, Simon. Mapping of Evidence on Sustainable Development Impacts that Occur in Life Cycles of Clothing: *A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*. Environmental Resources Management (ERM) Ltd. Defra, London. (2007)
- [3] Walser T, Demou E, Lang DJ, Hellweg S, *Environmental Science & Technology* 2011, Prospective Environmental Life Cycle Assessment of Nanosilver T-shirts, **45**(10), 4570-4578.

- [4] Ünvar Y, Farklı Yöntemlerle Üretilmiş Antibakteriyel Giysinin Tüm Üretim Aşamalarının Çevresel Etkilerinin Yaşam Döngü Analiziyle İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Lisans Bitirme Tezi, İzmir, 2016.
- [5] DEÜ Tekstil Mühendisliği, Sun Holding Ar-Ge Merkezi, TÜBİTAK Uluslararası Sanayi Destekleme Programı: Targeting antimicrobial activity via micro/nano-structured surfaces for civil applications 2011-2013.
- [6] Terinte N, Manda BMK, Taylor J, Schuster KC ve Patel MK, *Journal of Cleaner Production* 2014, Environmental assessment of coloured fabrics and opportunities for value creation: spin-dyeing versus conventional dyeing of modal fabrics, **72**, 127-138.
- [7] Meyer DE, Curran MA ve Gonzalez MA, *Journal of Nanoparticle Research* 2011, An examination of silver nanoparticles in socks using screening-level life cycle assessment, **13**(1), 147-156.
- [8] Baydar G, Ciliz N ve Mammadov, A, *Resources, Conservation and Recycling* 2015, Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey, **104**, 213-223.
- [9] Pakula C ve Stamminger R, *Energy Efficiency* 2010, Electricity and water consumption for laundry washing by washing machine worldwide, **3**(4), 365-382.
- [10] Yasin S, Behary N, Rovero G ve Kumar V, *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2016, Statistical analysis of use-phase energy consumption of textile products, **21**(12), 1776-1788.
- [11] Lacasse K, Baumann w. Textile Chemicals: Environmental Data and Facts. Berlin: Springer;2004.
- [12] Windler L, Height M, Nowack B, *Environment International* 2013, Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications, **53**, 62-73.
- [13] Bauer C, Buchgeister J, Hischier R, Poganietz, WR, Schebek ve Warsen J, *Journal of Cleaner Production* 2008, Towards a framework for life cycle thinking in the assessment of nanotechnology, **16**(8), 910-926.
- [14] Berger J ve Heath C, *Journal of personality and social psychology* 2007, Where consumers diverge from others: identity signaling and product domains, **34**, 121-124.
- [15] Wever R, Kuijk V ve Boks C, *International journal of sustainable engineering* 2008, User-centred design for sustainable behavior, **1**(1), 9-20.
- [16] Palamutçu S. Textiles and Clothing Sustainability: Sustainable Textile Technologies. Singapur; Springer ; 2017.
- [17] Parisi ML, Fatarella E, Spinelli D, Pogni R, *Journal of cleaner production* 2015, Environmental impact assessment of an eco-efficient production for coloured textiles, **108**, 514-524.
- [18] Alkaya E, Böğürcü M, Ulutaş F, Demirer GN, United Nations Industrial Development Organization, The Eco-efficiency (Cleaner Production) Programme: Cleaner production in textile wet processing 2011, Non-conventional textile waste water treatment, 205-230.
- [19] Öztürk E, Yetiş U, Dilek FB, Demirer GN, *Journal of cleaner production* 2009, A chemical substitution study for a wet processing textile mill in Turkey, **17**, 239-247.
- [20] European Environment Agency, Prevention of hazardous waste in Europe — the status in 2015, Luxembourg. (2016).

Dökümhane Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi

E H G¹, SÇ² ve YT³

1 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Samsun/Türkiye

2 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun/Türkiye

3 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun/Türkiye

E-mail adresi: elif.gurkan@omu.edu.tr

ÖZET

Döküm sektörü, ülke ekonomisine olan katkısı ve sağladığı yüksek nitelikli istihdam ile sanayileşmede etkin sektörlerden biridir. Dünya genelinde sanayi devrimi ile birlikte gelişim gösteren sektör, dizayndan, prototipe, testlere ve nihai ürüne kadar geçen sürede teknik bilgi birikimi ve tesisleri ile başta makine, taşıt araçları ve savunma sanayi olmak üzere tüm üretim taleplerini karşılayabilecek yeteneğe ulaşmış bulunmaktadır.

Gelişmiş ülkelerin sanayileşme sürecine önemli katkısı olan tekstil sektörü, ekonomik kalkınma sürecinde de önemli rol oynamaktadır. Farklı hammadde ve kimyasal maddeler kullanılan ve farklı teknolojiler kullanılan bir endüstri olması nedeniyle değişken bir yapıya sahiptir. Tekstil endüstrisi atıksularının alıcı ortamlara verilmesinde, çok düşük konsantrasyonlarda boyar madde bulunması estetik açıdan istenmeyen bir durumdur.

Çevreye ve insana duyarlı üretim, son yıllarda giderek önem kazanmaktadır. Bu süreçte üretim faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, oluşan atıklar, miktar ve zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Doğal kaynakların tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir. Atık yönetiminin güçlendirilmesi; doğal kaynakların korunması ve gelecek kuşaklara daha kaliteli ve sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlanmasında temel faktördür.

Döküm sonrasında meydana gelen atık döküm kumlarının bir kısmı sistem kumu olarak kullanılırken diğer kısmı düzenli depolama sahalarında depolanmak suretiyle bertaraf edilmektedir. Atıkların bertarafı yerine geri kazanılması; hem üretim maliyetlerinde, hem de atık bertaraf maliyetlerinde önemli kazanımlar sağlayacaktır [1].

Bu nedenle boyar madde içeren tekstil endüstrisi atıksularından renk giderim prosesleri ekolojik açıdan önem kazanmaktadır. Günümüzde boyar maddelerin giderimi büyük oranda fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, atık döküm kumlarının tekstil endüstrisi atık sularında renk gideriminde adsorbent olarak nasıl kullanılabileceği ele alınmaktadır.

Anahtar kelime: Döküm, atık kum, tekstil, boyar madde

Evaluation In Textile Industry Of Foundry Wastes

Abstract

Foundry industry, the contribution to the national economy and active in sectors highly qualified employment and industrialization. Along with the development of the industrial revolution throughout the world representing industry, design, prototype, test and the time that the final product technical know-how and facilities, especially in machinery, vehicles and defense industries can meet the demands of all the production capability.

Important contribution to the process of industrialization of developed countries in the textile sector, play an important role in the economic development process. Different raw materials and chemicals are used, and due to the fact that a used different technologies industry has a structure variable. Textile industry in the provision of recipient of wastewater environments, the presence of very low concentrations of dyestuff is aesthetically undesirable.

Environment and people sensitive production, is becoming increasingly important in recent years. In this process, the expansion of production activities, more intense use of natural resources on the inevitable overriding, consisting of waste, due to their quantity and harmful content threatens the environment and human health dimensions. The consumption of natural resources and wastes generated from being a threat to the environment and human health by measuring aimed at the conversion of an entry for the economy waste management strategies to be developed. Strengthening the management of waste; protection of natural resources and future generations ensuring higher quality and sustainable living environment is a basic factor.

After the occurring waste moulding sand cast in some of the other part of the system when it is used as the sand landfill can be stored in the field is eliminated. Waste disposal gain back instead; both on production costs, as well as waste disposal costs will provide significant gains.

So go the wastewater containing dyestuffs are color textile industry processes are ecologically important. Today, the boyar substances is carried out by physical and chemical methods. In this study, waste moulding sand in color at the textile industry waste water adsorbent discusses how it can be used as well.

Key words: Waste foundry sand, textile, dye stuff

GİRİŞ

Döküm sektörü, ülkenin gelişmişlik düzeyinin bir göstergesidir. Sektörde yaşanan hızlı ve sürdürülebilir endüstriyel gelişim, diğer sektörlerin de gelişmesini sağlayan temel taşlardan biridir. Yüksek katma değer ve yüksek teknolojiye sahip olan sektör, başta (yani >% 60) otomotiv, çelik döküm ürünleri; inşaat, makine ve vana yapım sanayilerinde talepleri karşılayabilecek yetenektir.

Sektör, girdilerinin yüzde 70'inden fazlası yurt içi kaynaklı olduğundan yüksek nitelikli istihdam yaratmaktadır. Bununla beraber çıktıları birçok sanayi üretimi için temel oluşturmaktadır. Dökümün, diğer üretim metotlarına göre üstünlükleri ve gelişen modern teknolojilere uyumu nedeniyle hem dünyada hem de Türkiye'de uzun yıllar önemini koruyacağı düşünülmektedir.

Türkiye Döküm Sektörü, Avrupa'da 2., dünya da ise 12. sırada yer almaktadır. Yaklaşık 1.5 milyon ton üretimin yüzde 80'nini Avrupa'daki ana sanayisi olan Almanya, Fransa, İtalya, İsveç, Finlandiyaya ihraç etmektedir. Yapılan bu üretime karşılık, proseslerden yaklaşık 450.000 ton atık oluşmaktadır. Bu miktarın yaklaşık %65'i kum, %10'u cüruf, %15'i toz-çamur ve %10'u Refrakter, yağ, taş, boya, varil gibi atıklar oluşturmaktadır.

Döküm sonrasında meydana gelen atık döküm kumlarının bir kısmı sistem kumu olarak kullanılırken diğer kısmı düzenli depolama sahalarında depolanmak suretiyle bertaraf edilmektedir. Atıkların bertarafı yerine geri kazanılması; hem üretim maliyetlerinde, hem de atık bertaraf maliyetlerinde önemli kazanımlar sağlayacaktır [1-3].

Tekstil sektöründe, teknolojik gelişmelerin sonucunda kimyasallara, deterjanlara, ısıya ve ışığa karşı dayanıklı olarak üretim yapılması boyar maddelerin biyolojik olarak bozunmasını güçleştirmektedir [4]. Boyaların kimyasal yapısı ve boyama proseslerindeki farklılık atıksuların karakterizasyonunda güçlük çıkarmaktadır. Atık sulardan boyar maddelerin giderilmesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok yöntem kullanılmaktadır. Boyar maddelerin uzaklaştırılmasında düşük maliyetli ve güvenilir bir yöntem kullanmak esastır.

Adsorpsiyon proseslerinin ekonomik olması, bol miktarlarda bulunan, kolay elde edilebilen ve üretim maliyetleri düşük olan adsorbanların kullanılması ile atıksu arıtımında tercih edilen bir yöntemdir. Endüstriyel uygulamalarda daha çok doğal adsorbanlar tercih edilirken, bunlara alternatif oluşturarak adsorpsiyon faaliyetlerini daha geniş uygulama alanlarında daha ekonomik gerçekleştirebilecek

adsorbanların geliştirilmesi konusunda çalışmalar da yapılmaktadır. Özellikle endüstriyel ve bitkisel bazı atıkların adsorban olarak değerlendirilmeleri ile hem atık yönetimi alanında mevcut sorunlara çözüm bulunmakta hem de daha düşük maliyetli adsorbanlar elde edilebilmektedir [5].

Bu çalışmada da adsorban olarak, atık döküm kumu tercih edilmiştir. Çalışmamızın amacı; sulu çözeltideki boyar maddenin, atık döküm kumu ile giderilmesi sürecinde etkili olan parametrelerin etki değerlerinin belirlenmesi için farklı koşullarda gerçekleştirilen adsorpsiyon deneyleri sonrasında elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiştir. Adsorbent dozu, pH ve başlangıç konsantrasyonu olarak belirlenen üç değişkenin atık döküm kumunun boyar maddeyi adsorplama kapasitesine olan etkileri 2^3 faktöriyel tasarım yöntemiyle değerlendirilmiştir.

DENEYSEL KISIM

Bu çalışmada kullanılan atık döküm kumu, Samsun Organize Sanayi Bölgesinde bulunan pik döküm gerçekleştiren bir dökümhaneden elde edilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri pH (3.0 – 11.0), başlangıç boyar madde konsantrasyonu (20 – 200 mg/L) ve doz (1 g/L – 4 g/L) değerleri için gerçekleştirilmiştir.

Deneyler Tablo 1’de görüldüğü gibi farklı faktör seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Her faktörün 2 farklı seviyesi olduğundan 2^3 tam faktöriyel tasarım tercih edilmiştir [6-8].

Tablo 1. Kontrol edilebilir faktörler ve seviyeleri.

Faktörler	-1	+1
A- pH	3	11
B- Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)	20	200
C- Adsorbent miktarı (g/L)	1	4

Tablo 2. Deney sonuçları.

pH (A)	Başlangıç Konsantrasyonu (B)	Adsorbent miktarı (C)	Giderim verimi (%)
-1	-1	-1	99,10
+1	-1	-1	2,00
-1	+1	-1	98,45
+1	+1	-1	20,23
-1	-1	+1	99,89
+1	-1	+1	42,89
-1	+1	+1	95,65
+1	+1	+1	23,98

Tablo 2’de de görüldüğü gibi en az 8 deney yapılmaktadır. pH 3, atık döküm kumu miktarı 4g/L ve boyarmadde başlangıç konsantrasyonu; 20 mg/L olduğunda % 99,89 luk giderim verimi elde edilmiştir. Aynı pH, aynı başlangıç konsantrasyonu ve 1 g/L atık döküm kumu miktarında verim %99,10 bulunmuştur.

Boyarmadde giderim verimleri üzerinde gerçekleştirilen tersine eleme regresyon sonuçları ($\alpha=0.05$) dikkate alınarak gerçekleştirilen varyans analiz (ANOVA) sonuçları Tablo 3 ve 4’te verilmiştir. p değerinin 0.05’den küçük olması söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Genellikle anlamlı bir ilişki olup olmadığına karar vermek amacıyla p değerinin 0.05’ten küçük olması istenmektedir ve p değerinin 0.05’den büyük olması istatistiki olarak anlamlı bir ilişkiyi ifade etmemektedir. R^2 değeri, elde edilen modelin hem yeterliliği hem de modele eklenen terimlerin tepki değişkeni üzerinde anlamlı düzeyde etkilere sahip olduğunu gösterir [9-11].

Table 3. Giderim veriminin varyans analizi sonuçları.

Kaynak	S.D.	Düz.K.T.	Düz.K.O.	F	P
Model	7	24900.4	3557.2	2931.81	0.000
Doğrusal	3	23532.1	7844.0	6464.98	0.000
pH	1	23017.4	23017.4	18970.74	0.000
Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)	1	12.5	12.5	10.27	0.013
Adsorbent miktarı (g/L)	1	502.2	502.2	413.91	0.000
2 Yönlü Etkileşim	3	1102.1	367.4	302.79	0.000
pH* Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)	1	2.9	2.9	2.37	0.162
pH* Adsorbent miktarı (g/L)	1	675.7	675.7	556.94	0.000
Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)* Adsorbent miktarı (g/L)	1	423.5	423.5	349.07	0.000
3 Yönlü Etkileşim	1	266.2	266.2	219.38	0.000
pH* Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)* Adsorbent miktarı (g/L)	1	266.2	266.2	219.38	0.000
Hata	8	9.7	1.2		
Toplam	15	24910.1			

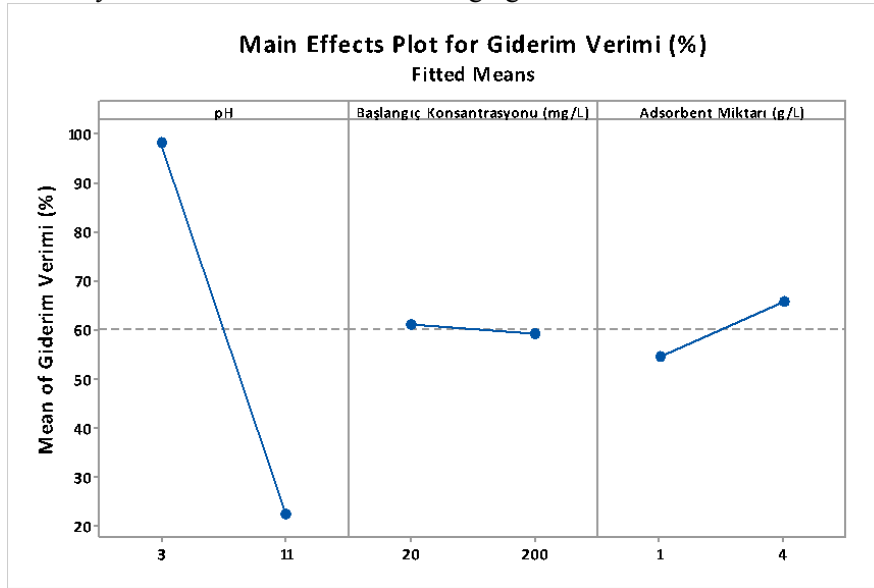
$$S=1.10150 \quad R^2 = 99.96\% \quad R^2(\text{Düz}) = 99.93\% \quad R^2(\text{Tah.}) = 99.84\%$$

Tablo 4. Giderim veriminin varyans analizi sonuçları.

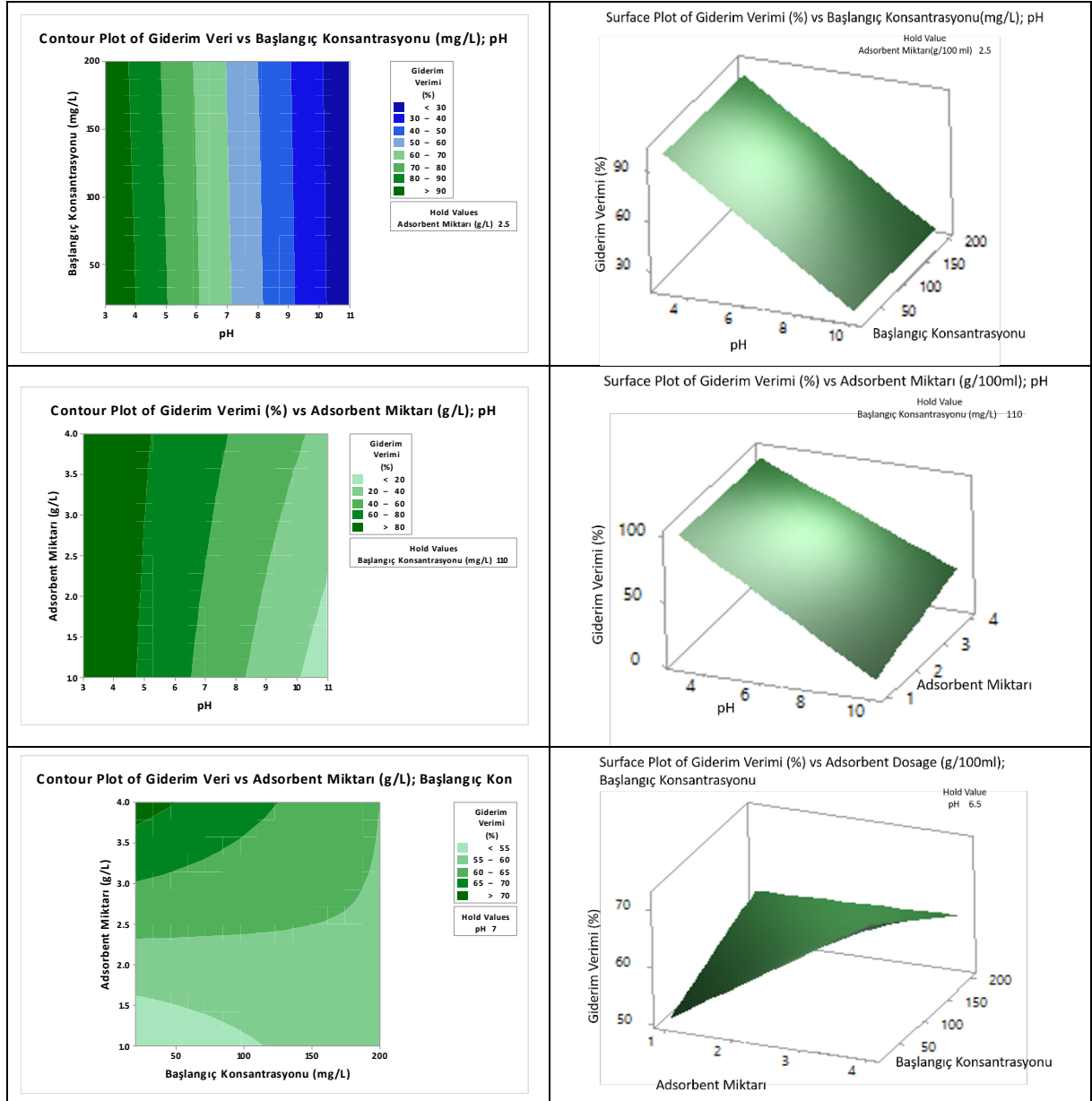
Terim	Etki	Katsayı	Katsayı S.H.	T değeri	P
Sabit		60.415	0.275	219.39	0.000
pH	-75.857	-37.929	0.275	-137.73	0.000
Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)	-1.765	-0.882	0.275	-3.20	0.013
Adsorbent miktarı (g/L)	11.205	5.603	0.275	20.34	0.000
pH* Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)	0.847	0.424	0.275	1.54	0.162
pH* Adsorbent miktarı (g/L)	12.997	6.499	0.275	23.60	0.000
Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)* Adsorbent miktarı (g/L)	-10.290	-5.145	0.275	-18.68	0.000
pH* Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)* Adsorbent miktarı (g/L)	-8.158	-4.079	0.275	-14.81	0.000

Tablo 4'teki varyans analizi incelendiğinde Adsorbent miktarı ve pH parametrelerinin etkin olduğu görülmektedir.

Şekil 1'deki ana etkiler grafiği incelendiğinde pH değerinin en etkin faktör olduğu ve başlangıç konsantrasyonunun en az etkin faktör olduğu görülmektedir.

**Şekil 1.** Ana etkiler grafiği.

Şekil 2’de renk giderim verimi tepki değişkenlerinin, iki faktör etkileşimlerine ait etkileşim ve 3D yüzey grafikleri verilmiştir. Renk giderim verimleri incelendiğinde, en düşük giderme veriminin % 2, en yüksek giderim veriminin % 99.89 olduğu görülmektedir.



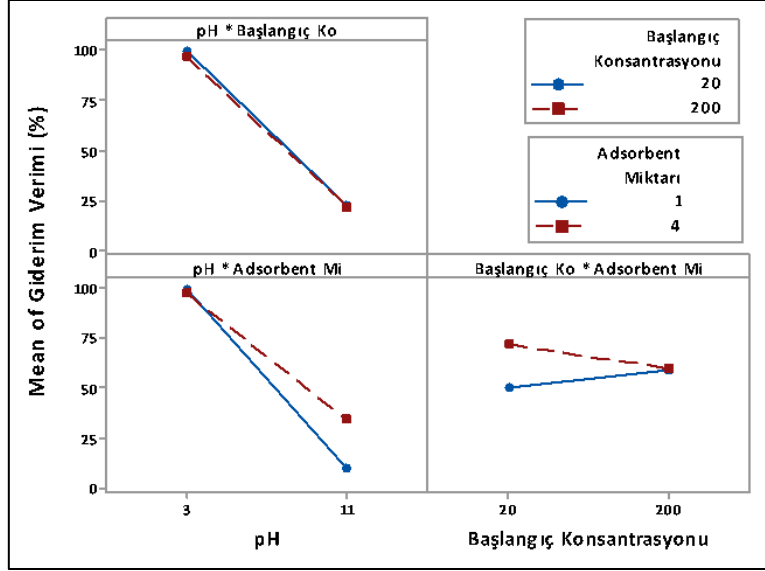
Şekil 2. 3D yüzey grafikleri.

Standartlaştırılmış etkilerin normal dağılım grafiği Şekil 3’de verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi pH deney sonuçlarında en önemli etkiye sahip faktördür.

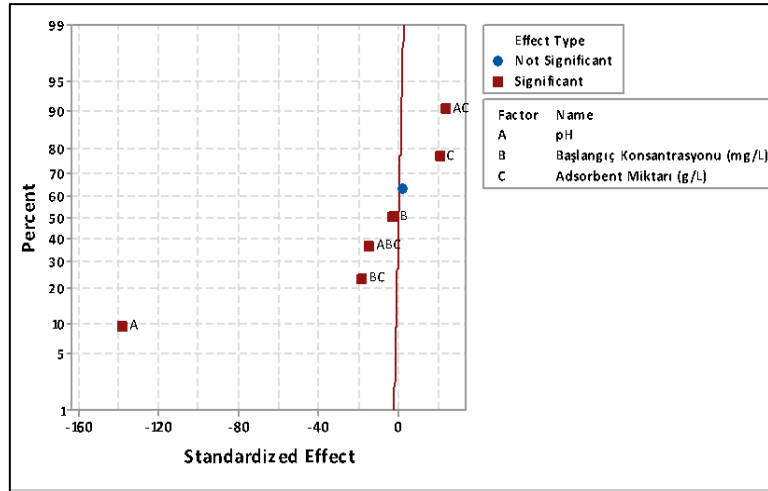
Yapılan analizler sonrasında Minitab 17 yazılımı kullanılarak emilim miktarı ve parametreler arasındaki ilişkiyi temsil eden lineer regresyon denklemi elde edilmiştir.

$$\text{Giderim Verimi (\%)} = 142.45 - 14.397 \text{ pH} - 0.0549 \text{ Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)} - 5.471 \text{ Adsorbent Miktarı (g/L)}$$

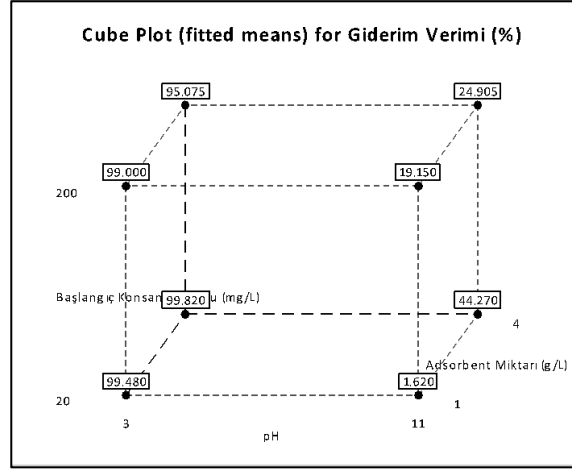
- + 0.02006 pH*Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)
- + 1.9140 pH*Adsorbent Miktarı (g/L)
- + 0.01476 Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)*Adsorbent Miktarı (g/L)
- 0.007553 pH*Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)*Adsorbent Miktarı (g/L)



Şekil 3. Etkileşim grafiği.



Şekil 4. Standartlaştırılmış etkilerin normal dağılım grafiği.



Şekil 5. Merkez noktali tasarımın kimliği

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada sulu çözeltilerden atık döküm kumu ile renk giderim verimleri ile atık döküm kumu miktarı, pH ve başlangıç boyarmadde konsantrasyonu arasındaki ilişki incelenmiş ve 2^3 faktöriyel tasarım ile optimize edilmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel analizler sonucunda, maksimum adsorpsiyon kapasitesi elde edilmiştir. Başlangıçta tüm parametrelerin etkilerinin tahmin edildiği bir sistemde kareselliğin var olabileceği ve bunun tespit edilmesi gerektiği ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte deneylerin uzun, zahmetli ve maliyetli olduğu ortamlarda deneysel tasarım ile optimum sayıda deney ile sistem analizi gerçekleştirilebilmiş ve minimum maliyet ile gereksiz deneylerden sistem arındırılarak analizler tamamlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Gürkan E H, *Doktora Tezi* 2014, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- [2] American Foundrymen's Society (AFS), *Alternative utilization of foundry waste sand, Final Report (Phase I) prepared by American Foundrymen's Society Inc. for Illinois Department of Commerce and Community Affairs* 2013, Des Plaines, IL.
- [3] American Foundrymen's Society (AFS), *Foundry waste sand, Final Report prepared by American Foundrymen's Society Inc* 1991.
- [4] K B B, *Yüksek Lisans Tezi* 2015, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- [5] Mutlu S, *Yüksek Lisans Tezi* 2016, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Montgomery D C, *Design and Analysis of Experiments* 2008, Wiley 7th edition, New York.
- [7] Index of /~dvance. "Ref Regression Tutorial". <http://crab.rutgers.edu/~dvance/Ref%20Regression%20Tutorial.doc> (12.02.2014).
- [8] Long E R, Sloane G M, Carr R S, Scott K J, Thusby G B, Wade T L. *National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum NOS ORCA 96* 1996, Silver Spring, Maryland.
- [9] Güneş E, Cihan M T, Pamukkale Univ Muh Bilim Dergi 2015, 21(6), 239-247.
- [10] Myers R H, Montgomery D C, Anderson-Cook C M. *Process and Product Optimization using Designed Experiments*. 2009, 3rd ed. Canada, USA.
- [11] Box GE, Draper RN. *Response Surfaces, Mixtures, and Ridge Analyses* 2007, 2nd ed. New Jersey, Hoboken, USA.

Sorumlu yazar:

Elif H. GÜRKAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Kimya Mühendisliği Bölümü

elif.gurkan@omu.edu.tr

Sunumla ilgili belirtilmesi gerekenler

1. Sunumun niteliği sözlü sunum.

2. Ar-Ge / Ür-Ge

Teknik Tekstil Takviyeli Kompozit Ayakkabı Koruyucunun Darbe Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi

Seçkin ERDEN Yard.Doç.Dr.1., Mustafa ERTEKİN, Dr.2, Hüseyin Ata KARAVANA Doç.Dr.3

1Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

2Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

3Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Deri Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

E-mail adresi: (seckin.erden@gmail.com)

ÖZET

İş kazaları istatistikleri incelendiğinde, vücudun etkilenen bölümleri arasında, ayak ve bacakların üst sıralarda yer aldığı gözlenmektedir. Bu sebeple, yaralanma, sakatlık ve iş gücü kayıplarını azaltmak için, “ayak koruyucu” adıyla anılan çeşitli iş güvenliği ekipmanları kullanılmaktadır. Bunlar daha çok, üretim sırasında ayakkabı ya da bot içerisine yerleştirilen, ayak parmaklarını koruyan bombeler ya da ayak tarağını koruyan darbe emici parçalardır. Bombeler genelde “çelik”ten, tarak koruyucular ise şok abzorbe eden polimerik malzemelerden imal edilmektedir. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılmakta olan çelik bombe yerine, teknik tekstil takviyeli kompozit bir bombe içeren bir ayakkabı koruyucunun yekpare olarak tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Böylece işçi, gündelik ayakkabısıyla da çalışabilecek ya da idari personel ve ziyaretçiler için ilave iş güvenliği ekipmanı bulundurulması gerekmeyecektir.

Çalışmadaki ayakkabı koruyucu, teknik tekstil içeren polimerik bir kompozit malzemeden imal edilmiştir. Üretilen bu ayakkabı koruyucunun, günlük giyilen ayakkabı ya da bot üzerine kolayca geçirilebilmesini sağlayan bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, CNC ile üretilen bir kalıp kullanılarak, ısıtmalı preste bombe kısmı imal edilmiştir. Teknik tekstil olarak cam, karbon ve aramid kumaşlar değişik kombinasyonlarda kullanılarak hibrit katmanlar oluşturulmuş, reçine olarak ise epoksi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise, ısıtmalı preste yekpare olarak ayakkabı koruyucu imal edilmiştir. Bu kez, kompozit bombenin üstüne yerleştirilecek aramid kumaşa termoplastik poliüretan (TPU) emdirilmiştir. ASTM F2412 ve ASTM F2413’e göre bombe darbe ve delinme testleri yapılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, teknik tekstil içeren polimerik bir kompozit malzemeden iş güvenliği amaçlı bir ayakkabı koruyucu imal edilmiş olup, koruyucu bombe darbe ve delinme testleri yapılmıştır. Bombe darbe testinde 21,33 mm’lik sınır değer elde edilip istenen minimum kil yüksekliği olan 21,0 mm geçilmiş ve böylece gerekli darbe dayanımı sağlanmıştır. Delinme testi sonuçları incelendiğinde ise, 601,7 N kuvvet değerine ulaşıldığı görülmektedir.

GİRİŞ

Uluslararası Çalışma Örgütü’nün (ILO) iş kazalarından dolayı olan yaralanmaların vücudun etkilenen bölümlerine göre dağılımı ile ilgili derlediği istatistiksel sonuca bakıldığında, ayak %34’le başta gelmektedir. A.B.D Ulusal Güvenlik Konseyi’nin (National Safety Council) derlediği istatistiklere göre ise, bu ülkede iş kazalarının vücudun etkilenen bölümlerine göre dağılımına bakıldığında, bacak ve ayak %20 ile ikinci sırayı almaktadır. Almanya’da meydana gelen iş kazalarında da, ayak yaralanmaları yine ikinci sırayı almaktadır. Ortalama 900 kişinin çalıştığı endüstriyel amaçlı tekstil üreten bir fabrikada meydana gelen toplam 648 iş kazasının %27’sini ayak kazaları oluşturmuştur. Bu kazalara kayıp iş süresi olarak bakıldığında da, ayak kazaları %21 ile ikinci sırayı almıştır [1]. Ülkemizdeki SSK istatistiklerinde, iş kazası sonucu oluşan yaranın vücuttaki yeri incelendiğinde ise, ayak bölgesindeki oranın %22 civarında olduğu görülmektedir [2].

Bu mesleki kazaları önlemek ya da etkilerini azaltmak için kullanılan mevcut iş güvenliği ekipmanları incelendiğinde, “ayak koruyucu” adı altında çeşitli ürünlere rastlanmaktadır. Bunlar genelde çelik, alüminyum, titanyum-alüminyum karışımı ve yeni bazı ürünlerde ise kompozit bombe içermektedir. Örneğin, çift densite şok emici poliüretan taban ve çelik veya aramid ara taban kullanılan bir üründe, EN ISO 20345 normunda çelik veya kompozit bombe olduğu söylenmektedir [3]. Karbon iplik içeren kompozit bombenin, çelik olana göre 1/3 oranında hafif olduğu, ayrıca yalıtkan özellikte olduğu için ısıyı iletmediği ve metal sensörlerine yakalanmadığı, manyetik olmadığı ve statik elektriklenme yapmadığı söylenmektedir [4]. Bazı kompozit bombelerin ise, çelik olandan, %40’tan fazla hafif olduğu bilgisi verilmektedir [5]. Ayrıca bazı emniyet botlarında, ayak tarağı koruyucu parçalar da imalat sırasında yerleştirilmektedir; örneğin bir modelde, termoplastik poliüretandan (TPU) yapılmış bir parça kullanılmıştır [6]. TPU’nun darbe ve kimyasal dayanımının yüksek olduğu bilinmektedir [7].

Ayak koruyucularla ilgili ASTM F2412 ve ASTM F2413 standartlarında [8, 9] tarif edilen darbe testlerine benzer olarak, hibrit epoksi kompozit malzemelere uygulanmış düşük hızlı darbe (ASTM D7136) araştırmalarına literatürde rastlanmaktadır. Karbon, karbon/cam, aramid/cam ve aramid/karbon kumaşların kullanıldığı bir epoksi kompozitte, darbe sonucu hasar gören alanın, aramid/karbon hibrit kumaş için en düşük olduğu, ultrasonik C-scan tekniğiyle tesbit edilmiştir [10]. Aramidin yüksek sıcaklığa, darbeye ve aşınmaya dayanıklı olduğu bilinmektedir [11]. Aramid ve cam kumaşlardan elde edilen hibrit epoksi kompozitlerin darbe testleri yapıldığında ise, hibrit tabakalı yapıların tek tip kumaşlara göre daha yüksek süneklik gösterdiği bulunmuştur [12]. Daha yeni bir çalışmada da, aramid/cam ve aramid/karbon hibrit epoksi tabakalı kompozitlerin darbe dayanımları karşılaştırılmıştır. Aramid tabakaların üstte olduğu aramid/cam yapının enerji emme kapasitesinin çok az da olsa yüksek olduğu görülmüştür [13]. Bir başka araştırmada ise, hibrit polimerik kompozitlerin düşük hızlı darbe performansının artması için, düşük modüllü ipliğin yüzeyde kullanılması tavsiye edilmiştir. Ayrıca, cam örgü kumaşların karbon/epoksi kompozitlerde yüzeye yerleştirilmesinin darbe ucunun nüfuzunu geciktirdiği ve ayrılmayı önlediği, ağırlıkta hafif artışa sebep olduğu, ama darbe dayanımını 3-5 kat arttırdığı belirtilmiştir [14]. Darbe direnci ile ilgili yeni bir çalışmada ise, cam ve karbon kumaşlı hibrit epoksi kompozitler incelenmiştir. Ortadaki tabakaların, yayılımı ve darbe sonrası bası dayanımını arttırdığı, bunun sebebinin ise eşik yük değerinin daha yüksek darbe direncine ötelenmesi olduğu söylenmiştir. Burada, cam kumaşın karbon kumaşa göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür [15].

Literatürdeki bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, teknik tekstil olarak cam, karbon ve aramid kumaşlar belirlenen iki kombinasyonda kullanılarak, polimerik kompozit malzemeden bir ayakkabı koruyucu imal edilmiştir. ASTM F2412 ve ASTM F2413’e göre bombe darbe ve delinme testleri yapılmıştır.

DENEYSEL KISIM

Çalışmadaki ayakkabı koruyucu, teknik tekstil içeren polimerik bir kompozit malzemeden imal edilmiştir. Üretilen bu ayakkabı koruyucunun, günlük giyilen ayakkabı ya da bot üzerine kolayca geçirilebilmesini sağlayan bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, CNC ile üretilen bir kalıp kullanılarak, ısıtmalı preste bombe kısmı imal edilmiştir. Teknik tekstil olarak cam, karbon ve aramid kumaşlar belirlenen iki kombinasyonda kullanılarak hibrit katmanlar oluşturulmuş, reçine olarak ise epoksi kullanılmıştır. İkinci aşamada, ısıtmalı preste yekpare olarak ayakkabı koruyucu imal edilmiştir. Bu kez, kompozit bombenin üstüne yerleştirilecek aramid kumaşa termoplastik poliüretan (TPU) emdirilmiştir. ASTM F2412 ve ASTM F2413’e göre bombe darbe ve delinme testleri yapılmıştır.

Kompozit Bombe İmalatı

Hibrit teknik tekstil takviyeli epoksi kompozitlerin düşük hızlı darbe dayanımı üzerine literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, kompozit bombe imalatı için uygun konfigürasyonlar olarak aşağıdaki alternatiflere karar verilmiştir (Tablo 1):

Tablo 1. Üretilen kompozit bombe çeşitleri

No	Kompozit bombe bileşenleri
1	(Aramid/karbon/cam) _s
2	(Aramid/cam/karbon/cam/düzgün doğrultulu karbon/cam) _s

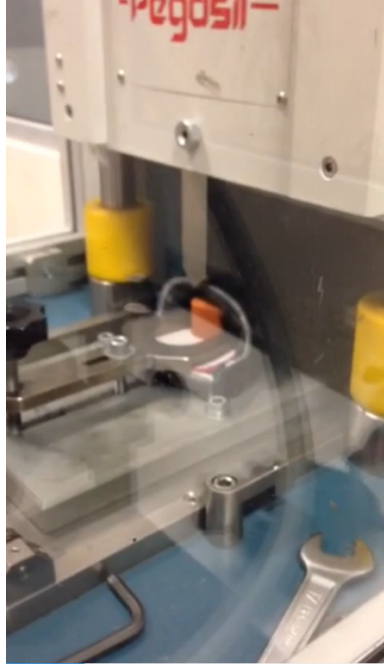
Böylece, kompozit bombe için toplamda üç ve oniki tabakalı kompozit yapılar üretilmiştir. Aramid kumaş olarak Twaron 1610 dtex, karbon kumaş olarak Panex 35, cam kumaş olarak Metyx 600 tex ve düzgün doğrultulu karbon kumaş olarak da 50 K (330 g/m²) kullanılmıştır. Epoksi reçine olarak ise, CY225 polimer ve HY225 sertleştirici kullanılmıştır. 10:2 oranında karıştırılan reçine ve sertleştirici, el yatırma tekniğiyle kumaşlara emdirilmiştir. Sonrasında bombe kalıbına yerleştirilen kumaşlar, ısıtmalı pres kullanılarak 2 saat boyunca, 0,3 MPa basınçta, 120 °C’de pişirilmiş ve sonrasında da oda sıcaklığına soğutulmuştur [13].

Kompozit Kılıf İmalatı

Isıtmalı pres kullanılarak, kompozit bombenin üstüne yerleştirilen aramid kumaşa termoplastik poliüretan (TPU) emdirilmiştir. Kullanılan TPU, ekstrüzyon ve enjeksiyona uygun, Bayer Chemicals ürünü Desmophan 385 E’dir. Erime sıcaklığı 170 °C civarındadır. Öncelikle ısıtmalı pres kullanılarak eritilecek olan polimer, ince plakalar haline getirilmiştir. Daha sonra ayakkabı kalıbına sarılan aramid/TPU plakaları, ısıtmalı preste 190 °C’de, 7 MPa basınç altında, üç dakika boyunca basılmış ve sonra da oda sıcaklığına soğutulmuştur [16]. Aramid/TPU tabakalı kompozit yapı için TPU/Aramid/TPU şeklinde üç tabakalı bir yapı düşünülmüştür.

Kompozit Bombe Darbe Direnci Testi

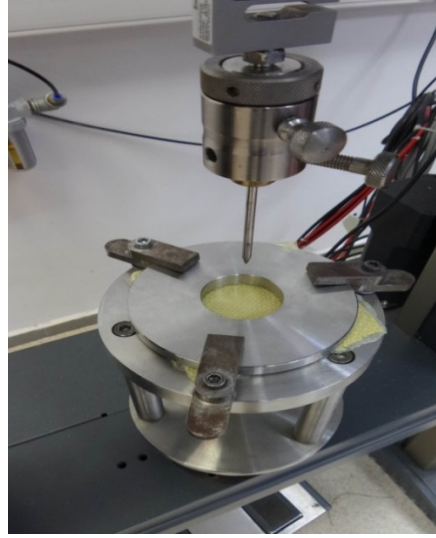
Üretilen kompozit bombelerin, ASTM F2413 standardında belirtilen “Koruyucu Bombe Darbe Direnci” şartlarına göre darbe testleri yapılmıştır. Darbe testi için Şekil 1’de gösterilen Pegasil Zipor EL-99 Steel Toe Caps Impact Tester cihazı kullanılmıştır. Darbe testinde darbe uygulayıcı 27,7±0,23 kg ağırlığa sahip çelikten oluşmaktadır. Darbe uygulayıcının uç kısmı 50,8 mm uzunluğa ve 25,4±0,8 mm çapa sahip silindirik bir çeliktir.



Şekil 1. Pegasil Zipor EL-99 Steel Toe Caps Impact Tester

Kompozit Kılıf Malzemesinin Delinme Testleri

Aramid/TPU tabakalı kompozit kılıf yapısının, ASTM F2412 standardında yer alan “Delinmeye Dayanıklı Ayakkabı” testleri Zwick/Roell Z010 cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Bu dayanım, standartta belirtilmiş olan kalem şeklindeki çelik bir iğne ile numuneyi delip geçmek için gerekli olan kuvvettir (N). Delinme dayanımı testleri, üzerinde standarda uygun şekilde hazırlanan delme aparatı ile gerçekleştirilmiştir. Tutma tertibatı ve çelik kalemden oluşan delinme test aparatı aşağıdaki şekilde görülmektedir. Testler 3 tabakalı kılıf yapıları için gerçekleştirilmiştir ve her bir malzeme için üç tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 2. Zwick Z010 üzerine monte edilmiş delinme dayanımı aparatı.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın sonucunda, teknik tekstil içeren polimerik bir kompozit malzemeden iş güvenliği amaçlı bir ayakkabı koruyucu imal edilmiş olup, koruyucu bombe darbe ve delinme testleri yapılmıştır. Bombe darbe testinde 21,33 mm’lik sınır değer elde edilip istenen minimum kil yüksekliği olan 21,0 mm geçilmiş ve böylece gerekli darbe dayanımı sağlanmıştır. Delinme testi sonuçları incelendiğinde ise, 601,7 N kuvvet değerine ulaşıldığı görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 114M469 no.lu TÜBİTAK 1005 projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Ayak ve Bacak Koruyucuları, <http://www.isguvenligi.net/ayak-ve-bacak-koruyuculari/>, (Erişim tarihi 15.03.2017).
- [2] İş Güvenliği Ders Notu, Prof Dr Nurettin Umurkan, 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi, www.yildiz.edu.tr/~umurkan/tr/igsg_ders_notu_2012_R2.pdf, (Erişim tarihi 10.03.2017).
- [3] Kompozit Burun, <http://www.yeparayakkabi.com.tr/>, (Erişim tarihi 02.02.2017).
- [4] Footwear, <http://www.nautilusfootwear.com/>, (Erişim tarihi 02.01.2017).

- [5] Sole Features, <http://www.oliver.com.au/features.htm>, (Erişim tarihi 22.06.2016).
- [6] Guard Boots, http://www.justinboots.com/boots/MetGuard_Boots.html, (Erişim tarihi 22.06.2016).
- [7] Oertel, G., L Abele. Polyurethane Handbook Chemistry, Raw Materials, Processing, Application, Properties. 2nd ed. Munich Hanser, 1994
- [8] ASTM F2412 - Standard Test Methods for Foot Protection, 2011
- [9] ASTM F2413 - Standard Specification for Performance Requirements for Protective (Safety) Toe Cap Footwear, 2011.
- [10] Imielińska K, Castaings M, Wojtyra R, Haras J, Le Clezio E, Hosten B. Air-coupled ultrasonic C-scan technique in impact response testing of carbon fibre and hybrid: glass, carbon and Kevlar/epoxy composites. Journal of Materials Processing Technology, 157-158: 513-22, 2004.
- [11] Horrocks, A. Richard, and Subhash C. Anand, eds. Handbook of technical textiles. Elsevier, 2000.
- [12] Yao L, Li W, Wang N, Li W, Guo X, Qiu Y. Tensile, impact and dielectric properties of three dimensional orthogonal aramid/glass fiber hybrid composites. Journal of Materials Science, 42 (16): 6494-500, 2007.
- [13] Sayer M, Bektaş N B, Çallioğlu H. Impact behavior of hybrid composite plates. Journal of Applied Polymer Science, 118 (1): 580-7, 2010.
- [14] Padaki N V, Alagirusamy R, Deopura B L, Sugun B S, Figueiro R. Low velocity impact behaviour of textile reinforced composites. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 33: 189-202, 2008.
- [15] González E V, Maimí P, Sainz de Aja J R, Cruz P, Camanho P P. Effects of interply hybridization on the damage resistance and tolerance of composite laminates. Composite Structures, 108: 319-31, 2014.
- [16] Shibulal G S, Naskar K. Maleic Anhydride-grafted -Polybutadiene as a Controlled Defibrillating and Dispersing Agent for Short Aramid Fiber Reinforced Thermoplastic Polyurethane Composite with Improved Mechanical Properties. Journal of Applied Polymer Science, 130 (3): 2205-16, 2013.

Sorumlu yazar:

Seçkin ERDEN Yard.Doç.Dr

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

E-mail adresi: (seckin.erden@gmail.com)

Sunumla ilgili belirtilmesi gerekenler

1. Sunumun niteliği sözlü sunum.

2. Teknik/Akıllı Tekstiller

Ageing behavior of temperature sensitive leathers

Arife Candaş ADIGÜZEL ZENGİN, Eylül KÜÇÜKAKIN and Behzat Oral BİTLİSLİ

Ege University, Engineering Faculty, Leather Engineering Department, 35100, Bornova,

Izmir, Turkey

E mail of the presenting author: adiguzel.candas@gmail.com

ABSTRACT

Thermochromic dyes and pigments have a great potential in new fashion leather products and to improve the fastness properties of thermochromic dye and pigments, will give an innovative approach for leather industry as well as to create unique and assertive design facilities. In this study thermochromic pigments were used in leather finishing process to obtain color changing leathers with temperature and their ageing behavior under two different conditions were investigated in addition to their potential application for innovative designs in leather industry. For this purpose, two thermochromic pigments, providing color change at 15°C and 31°C were applied in the base coat of the finishing process by the addition of a UV absorber and crosslinker. The color measurements and color change of the thermochromic leathers were determined by a Minolta CM-3600d spectrophotometer both prior and subsequent to the accelerated ageing tests performed under two different conditions (only heat and the combination of heat and moisture) in accordance with TS EN ISO 17228. Leathers colored with thermochromic pigments showed significant color changing effects depending on temperature and the thermochromic effect was improved by a higher thermochromic pigment proportion in the finishing formulation. No significant effect was found on touch and cold activity thermochromic leathers for heat ageing. However, a partial decrease was determined on color measurement values by the artificial ageing performed under heat and moisture. The findings revealed that the thermochromic pigments could be alternatively used in leather finishing applications according to leather fashion trends in addition to technical leathers and textiles in the field of medical and protective wear applications.

INTRODUCTION

Thermochromic dyes and pigments are of vital importance for functional and aesthetic design of smart textile materials and the potential application of thermochromic pigments in the leather industry offers a new concept [1]. Thermochromic pigments can change color in special activation temperatures and the change occurred in color is irreversible. They have found important commercial applications in the area of sun-screening ophthalmics, security printing, optical data storage, food packaging, medical and textile engineering [1-4].

Thermochromic pigments consist of three main components: a colour former (the leuco dye), a colour developer (acid) and a low melting point solvent [5] and they are often identified as pigments instead of dyes [2]. They change in colour reversibly from coloured to colourless form, when the temperature of the dyed substrate increases beyond the activation temperature of the colorant. The applications of thermochromic pigments have a limitation due to their standard activation temperature ranges [1,4,7].

Although several applications of thermochromic dyes and pigments have been found in textile industry [2-6], limited number of studies has been published about thermochromic applications for the leather industry [1, 7]. Up to date, according to our knowledge this is the first study describing the ageing behaviors of thermochromic leathers under different accelerated ageing conditions.

In this study, two thermochromic pigments, providing color change at 15°C and 31°C were applied in the base coat of the finishing process along with a UV absorber and crosslinker. The color measurements and color change of the thermochromic leathers were determined by a Minolta CM-3600d spectrophotometer both prior and subsequent to the accelerated ageing tests performed under two different conditions.