



FIBER &
POLYMER
RESEARCH INSTITUTE



İTÜ



10.

ULUSLARARASI
LİF VE POLİMER
ARAŞTIRMALARI
SEMPOZYUMU

10TH INTERNATIONAL FIBER AND POLYMER RESEARCH SYMPOSIUM

İstanbul Teknik Üniversitesi
Istanbul Technical University

13 - 14 Mayıs 2022
May

www.ulpas.org

Akıllı ve Teknik Tekstiller | Smart and Technical Textiles

BİLDİRİ KİTAPÇIĞI BOOK OF PROCEEDINGS



Bu kitabın baskı versiyonu bildirilerin tam metinlerini içermektedir. E-kitaba www.ulpas.org adresinden ulaşılabilir.

This printed book contains the full texts of the papers presented at the symposium. The pdf version of the Book of Proceedings can be downloaded from the website www.ulpas.org.



© 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi

© 2022, Istanbul Technical University.

ISBN: 978-975-561-540-0

Bu kitabın her hakkı saklıdır ve tüm yayın hakları "İTÜ Rektörlüğü'ne" aittir.

Bu kitabın tamamı yada herhangi bir bölümü yayınevinin izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı dahi olsa kullanılamaz. TEKSİR, FOTOKOPİ veya başka teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarda, dizgi makinalarında işlenebilecek bir ortama aktarılamaz. Kitapta yayınlanan tüm yazı ve görsellerin sorumluluğu yazar/yazarlara aittir.

All rights of this book are reserved and all publication rights belong to "ITU Rectorate". All or any part of this book cannot be published, printed, filmed or used indirectly without the permission of the publisher. It cannot be reproduced by DUPLICATION, PHOTOCOPY or any other technique, and cannot be transferred to an environment that can be processed on computers or typesetting machines. The responsibility of all texts and visuals published in the book belongs to the author(s).

Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu (05: 2022: İTÜ/On-line ve on-site)

10. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu: 13 – 14 Mayıs 2022 / editörler

Yusuf Ulcay, Ali Demir, Ali Kılıç, Gülçin Baysal, Merve Nur Sağırılı

1.Tekstil lifleri-Türkiye-Kongreler 2.Polimerler-Türkiye-Kongreler

İstanbul Teknik Üniversitesi yayınları. Yayın no. 2022.2KNF/3

İstanbul Technical University publications. No.2022.2KNF/3

Mayıs 2022

Editörler

Prof. Dr. Yusuf ULCAY

Prof. Dr. Ali DEMİR

Doç. Dr. Ali KILIÇ

Dr. Gülçin BAYSAL

Merve Nur SAĞIRLI

Bilim Komitesi / Scientific Committee

- Prof. Dr. İsmail KOYUNCU, *Rector, Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Ömer Berk BERKALP, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Yusuf ULCAI, *Bursa Uludag University*
Prof. Dr. Ali DEMİR, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, *Bursa Technical University*
Prof. Dr. Kenan YILDIRIM, *Bursa Technical University*
Prof. Dr. Levent TRABZON, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Ahmet GÜL, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN, *Eskişehir Technical University*
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI, *Eskişehir Osmangazi University*
Prof. Dr. Vural BÜTÜN, *Eskişehir Osmangazi University*
Prof. Dr. Melih Cemal KUŞHAN, *Eskişehir Osmangazi University*
Prof. Dr. Levent ÖNAL, *Tekirdağ Namık Kemal University*
Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU, *Gaziantep University*
Prof. Dr. Mustafa ÖKSÜZ, *Yalova University*
Prof. Dr. Yıldray TURHAN, *Pamukkale University*
Prof. Dr. Ali ÖZSEVİNÇ, *Tokat Gaziosmanpaşa University*
Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI, *NCSU, USA*
Prof. Dr. Mohammad JAWAID, *UPM, Malaysia*
Prof. Dr. Osman BABAARSLAN, *Çukurova University*
Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER, *Bursa Technical University*
Prof. Dr. Mehmet KANIK, *Bursa Uludag University*
Prof. Dr. Kenan CEVEN, *Bursa Uludag University*
Prof. Dr. Esra KARACA, *Bursa Uludag University*
Prof. Dr. Ramazan ERENLER, *Tokat Gaziosmanpasa University*
Prof. Dr. Mevlüt TERCAN, *Uşak University*
Prof. Dr. Ahu Demiröz GÜN, *Uşak University*
Prof. Dr. Elif KORCAN, *Uşak University*
Prof. Dr. Arif Taner ÖZGÜNEY, *Aegean University*
Prof. Dr. Esen ÖZDOĞAN, *Aegean University*
Prof. Dr. Aslı DEMİR, *Aegean University*
Prof. Dr. Tülay GÜLÜMSER, *Aegean University*
Prof. Dr. Neji LADHARI, *University of Monastir, Tunisia*
Prof. Dr. Islam SHYHA, *Edinburg Napier University, UK*
Assoc. Prof. Dr. Ali KILIÇ, *Istanbul Technical University*
Assoc. Prof. Dr. Eren ÖNER, *Uşak University*
Assoc. Prof. Dr. Muhammet AKAYDIN, *Uşak University*
Assoc. Prof. Dr. Fatih SÜVARİ, *Bursa Uludag University*
Assoc. Prof. Dr. Selahattin BOZKURT, *Uşak University*
Assoc. Prof. Dr. Selim GÜRGEN, *Eskişehir Osmangazi University*
Assoc. Prof. Dr. Ayla EKER SARIBOYACI, *Eskişehir Osmangazi University*
Assoc. Prof. Dr. Ali AKPEK, *Yıldız Technical University*
Assoc. Prof. Dr. Tarık ARAFAT, *Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh*
Assoc. Prof. Dr. Tamer HAMOUDA, *National Research Center, Egypt*
Assoc. Prof. Dr. Ahmed H. HASSANIN, *Egypt Japan University of Science and Technology, Egypt*
Assist. Prof. Dr. Şule SELÇUK, *Istanbul Technical University*
Assist. Prof. Dr. İsmail TİYEK, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Univeristy*
Assist. Prof. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, *NCSU, USA*
Assist. Prof. Dr. Onur UYSAL, *Eskişehir Osmangazi University*
Assist. Prof. Dr. Şahin COŞKUN, *Eskişehir Osmangazi University*
Assist. Prof. Dr. Bedri BAKSAN, *Eskişehir Osmangazi University*

Assist. Prof. Dr. Hamed GHORBANPOOR, *Eskişehir Osmangazi University*
Assist. Prof. Dr. Çiğdem TAŞDELEN-YÜCEDAĞ, *Gebze Technical University*
Assist. Prof. Dr. Yasin AKGÜL, *Karabük University*
Assist. Prof. Dr. Gamze TETİK, *Uşak University*
Assist. Prof. Dr. Gizem CELEP, *Uşak University*
Assist. Prof. Dr. Nefise Gönül ŞENGÖZ, *Uşak University*
Assist. Prof. Dr. Bahar TİBER, *Uşak University*
Assist. Prof. Dr. Mehmet KAYHAN, *Uşak University*
Assist. Prof. Dr. Aminoddin HAJI, *Yazd University*
Assist. Prof. Dr. Mohamad MIDANI, *Cairo German University, Egypt*
Assist. Prof. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, *National Research Center, Egypt*
Dr. Mohammad MANSOOB KHAN, *Universiti Brunei Darussalam*
Dr. Nadeem BUKHARI, *Istanbul Technical University*
Dr. Yasin ALTIN, *Bursa Technical University*
Dr. İsmail BORAZAN, *Bartın University*
Dr. Fatma DEMIRCI, *Bursa Technical University*
Dr. Fatmanur PARIN, *Bursa Technical University*
Dr. Mehmet ÇALIŞIR, *Rize Recep Tayyip Erdoğan University*
Dr. Ayşe Şevkan MACİT, *Uşak University*
Dr. Gonca ALAN, *Uşak University*
Dr. Müyesser Selda TÖZÜM, *Uşak University*
Dr. Sena Demirbağ GENÇ, *Uşak University*
Dr. Gülçin BAYSAL, *Uşak University*
Pınar TAŞDELEN ENGİN, *Polyteks-Bursa*
Seda ÜNAL, *Polyteks-Bursa*
Dr. Merve Özkutlu DEMİREL, *TAI/TUSAŞ*
Dr. Yahya ÖZ, *TAI/TUSAŞ*

Organizasyon Komitesi / Organization Committee

Prof. Dr. Yusuf ULCAI, *Bursa Uludag University*
Prof. Dr. Ali DEMİR, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, *Bursa Technical University*
Prof. Dr. Kenan YILDIRIM, *Bursa Technical University*
Prof. Dr. Levent TRABZON, *Istanbul Technical University*
Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI, *NCSU, USA*
Prof. Dr. Mohammad JAWAID, *UPM, Malaysia*
Prof. Dr. Islam SHYHA, *Edinburg Napier University, UK*
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AVCI, *Eskişehir Osman Gazi Univeristy*
Assoc. Prof. Dr. Ali KILIÇ, *Istanbul Technical University*
Assoc. Prof. Dr. Fatih SÜVARİ, *Bursa Uludag University*
Assoc. Prof. Dr. Tamer HAMOUDA, *National Science Foundation, Egypt*
Assoc. Prof. Dr. Ahmed H. HASSANIN, *Egypt Japan University of Science and Technology, Egypt*
Assist. Prof. Dr. Şule SELÇUK, *Istanbul Technical University*
Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim AKYILDIZ, *Bursa Uludag University*
Assist. Prof. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, *NCSU, USA*
Assist. Prof. Dr. Mohamad MIDANI, *Cairo German University, Egypt*
Dr. Yasin ALTIN, *Bursa Technical University*
Dr. Yusuf POLAT, *Erzurum Technical University*
Assist. Prof. Dr. Yasin AKGÜL, *Karabük University*
Assist. Prof. Dr. Çiğdem TAŞDELEN-YÜCEDAĞ, *Gebze Technical University*
Dr. Mehmet ÇALIŞIR, *Rize Recep Tayyip Erdoğan University*
Dr. Fatma DEMIRCI, *Bursa Technical University*
Dr. Fatmanur PARIN, *Bursa Technical University*
Dr. Gülçin BAYSAL, *Uşak University*
Dr. Nazlı ARMAN, *Bursa Uludag University*
Aybeniz SEYHAN, *Istanbul Technical University*
Ahmet AYDIN, *Bursa Technical University*
Ali TOPTAŞ, *Karabük University*
Merve Nur SAĞIRLI, *İTÜ TEMAG Lab.*
Melike GÜNGÖR, *İTÜ TEMAG Lab.*
Ömer Faruk ÜNSAL, *Bursa Technical University*
Aslı GİRGİN, *Bursa Uludag University*
Atike KÖKEN, *Bursa Uludag University*
Semanur DEVLİ, *İTÜ TEMAG Lab.*
Kardelen PEKGÖZ, *İTÜ TEMAG Lab.*
Nesrin KARA, *İTÜ TEMAG Lab.*

Welcome to the 10th ULPAS at ITU

First of all, I would like to thank Prof. Dr. İsmail KOYUNCU, The Rector of Istanbul Technical University, for his allocation of facilities of the university and contribution to officiate the meeting. I also would like to thank Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER, The President of The Turkish Academy of Sciences to support the meeting by giving a welcome speech.

We, as Fiber and Polymer Research Institute, are delighted and honored to organize the 10th International Fiber and Polymer Research on Fibrous and Polymer Materials and to welcome all of you for coming to ITU and Turkey.

I wish to extend a warm welcome to fellow academicians from the various countries and cities in Turkey. I realize that you are fully dedicated yourselves to the sessions that will follow up, but I do hope you will also take time to enjoy being in this historical city of Istanbul.

I noticed that studies will be presented are principally devoted to enhance the development and use of the fibrous materials in technical textiles end-use fields besides their usage in pure textiles and clothing. These bi-annual meetings enable to build a productive dialogue between members, academicians and industry people from different cities and countries. I believe that this meeting also provides a precious opportunity for networking and fruitful contacts between universities and companies in different countries.

We are pleased that as much as about guest delegates are in attendance - being from different countries namely Iran, Greece, India, USA and Check Republic.

The sector is aware of the trend in international markets towards increasing demand for healthier and more environmentally-friendly / sustainable products and tries to adapt itself to these developments by legal and technical regulations. Nevertheless, it is hard to keep its competitive position in the world market full of emerging players. Thus, manufacturers have shifted their operations to value-added products and creation of brand names.

The fiber and polymer sectors are aware that they have to produce high value-added products in order to overcome cost factors. Also, international markets increasingly demand for healthier and more environmentally friendly products. Therefore, the sectors must adapt themselves to these developments by legal and technical regulations. However, it is obvious that it is very difficult to keep these sectors in competitive position in the world market full of emerging players without a strategic plan and essential R&D.

In fact, R&D can be declared as the engine of growth in a country. One of the main objects of the Fiber and Polymer Research Symposiums of the center is to be internationally recognized as a preeminent, small but comprehensive research center dedicated to inspiring its members and preparing them to excel intellectually.

Primary mission of the symposium is to prepare the participants and researchers in the field of fiber and polymer to contribute continuously positively to their organizations and communities. IF&PRC (ULPAS) aims to provide challenging symposium programs and based on project studies in a caring environment in order to prepare well-educated, independent researchers ready for lives of continuous growth. IF&PRC (ULPAS) also aims to establish collaboration and coordination among her members.

Today's academic studies are multidisciplinary and the world that changes rapidly calls for a close partnership between countries. Globalization presents many challenges to our region and as such we should cooperate with the aim of achieving mutual benefits. I hope the symposium will highlight possible avenues for cooperation between academicians from different universities and research centers and also come up with beneficial, cutting-edge resolutions, which can positively impact the textile industries of related countries.

To sum up, I wish to express my gratitude to all attendees for their full cooperation and contribution to International Fiber and Polymer Symposium. I take this opportunity to thank the organizing committee for organizing this conference and for providing the necessary funding. I would also like to express my gratitude to the Fiber and Polymer Research Institute for their diligence.

Prof. Dr. Yusuf ULCAI

The Head of the International Fiber and Polymer Research Institute

On behalf of the 10th ULPAS Organizing Committee

ITÜ’de 10. ULPAS’a Hoşgeldiniz

Öncelikle İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. İsmail KOYUNUCU’ya üniversitenin imkânlarını tahsis ettiği ve toplantının gerçekleşmesine katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, TÜBA Başkanı Prof. Dr. Muzafer ŞEKER’e de sempozyumun açılışında yapacağı selamlama konuşması için de samimi teşekkür ederim.

Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü olarak 10. Uluslararası Elyaf ve Polimer Malzemeler üzerine Lif ve Polimer Araştırmasını sempozyumuna katılımızdan dolayı hoş geldiniz demekten mutluluk ve onur duyuyoruz.

Türkiye’nin çeşitli şehirlerinden ve farklı ülkelerden katılan akademisyen arkadaşlarıma da hoş geldiniz demek istiyorum.

10. ULPAS oturumlarında sunulacak çalışmaların, esas olarak lif ve polimer malzemelerin tekstil ve giyimin yanı sıra farklı son kullanım alanlarında geliştirilmesini ve kullanımını geliştirmeye yönelik olduğunu hepimiz fark ediyoruz. Yılda iki kez yapılan bu toplantılar, farklı şehir ve ülkelerden gelen üyeler, akademisyenler ve endüstri insanları arasında verimli bir diyalog kurulmasını sağlamaktadır. Bu toplantıların aynı zamanda farklı ülkelerdeki üniversiteler ve şirketler arasında ağ oluşturma ve verimli temaslar için değerli bir fırsat sunduğuna inanıyorum.

İran, Hindistan, Yunanistan, ABD ve Çek Cumhuriyeti gibi farklı ülkelerden gelen konuk delegelerin katılımından da memnunuz.

Sektör, uluslararası pazarlarda daha sağlıklı ve daha çevreci ürünlere yönelik artan talebin farkında olup, yasal ve teknik düzenlemelerle bu gelişmelere uyum sağlamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte, yükselen sektör üreticileri ile dolu dünya pazarındaki rekabetçi konumunu korumak oldukça zordur. Bundan dolayı üreticiler, faaliyetlerini katma değerli ürünlere ve marka oluşturmaya kaydırdılar.

Lif ve polimer sektörleri, maliyet faktörlerini aşmak için katma değeri yüksek ürünler üretmeleri gerektiğinin bilincindedir. Ayrıca, uluslararası pazarlar giderek daha sağlıklı ve daha çevre dostu ürünler talep etmektedir. Bu nedenle sektörlerin yasal ve teknik düzenlemelerle bu gelişmelere uyum sağlamaları gerekmektedir. Ancak, stratejik bir plan ve temel bir AR-GE olmaksızın, gelişmekte olan oyuncularla dolu dünya pazarında bu sektörleri rekabetçi konumda tutmanın çok zor olduğu da açıktır.

Aslında AR-GE, bir ülkede büyümenin motoru olarak ilan edilebilir. Lif ve Polimer Araştırma Sempozyumlarının ana hedeflerinden biri, üyelerine ilham vermeye ve onları entelektüel olarak üstün olmaya hazırlamaya adanmış, önde gelen, küçük ama kapsamlı bir araştırma merkezi olarak uluslararası alanda tanınmaktır.

Sempozyumun ana misyonu, lif ve polimer alanındaki çalışan ve araştırmacıları kuruluşlarına ve topluluklarına sürekli olumlu katkıda bulunmaya hazırlamaktır. Uluslararası Elyaf ve Polimer Sempozyumu ULPAS (IF&PRC), sürekli büyüme şartlarına hazır, iyi eğitilmiş, bağımsız araştırmacıları hazırlamak için özenli bir ortamda proje çalışmalarına dayalı ve nitelikli sempozyum programları sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, Lif ve Polimer Araştırma Enstitüsü üyeleri arasında işbirliği ve koordinasyon kurmayı da amaçlamaktadır.

Günümüzün akademik çalışmaları, çok disiplinli ve hızla değişen dünya şartlarında, ülkeler arasında yakın bir ortaklık gerektiriyor. Küreselleşme ülkelerimize birçok zorluk getiriyor ve bu nedenle karşılıklı yararlar elde etmek amacıyla işbirliği yapmalıyız. Sempozyumun, farklı üniversitelerden ve araştırma merkezlerinden akademisyenler arasında olası işbirliği yollarını vurgulayacağını ve ilgili ülkelerin lif ve polimer endüstrilerini olumlu yönde etkileyebilecek faydalı, son teknoloji kararlara varacağını umuyorum.

Özetlersek, Uluslararası Elyaf ve Polimer Sempozyumu'na (ULPAS) tam iş birliği ve katkılarından dolayı tüm katılımcılara teşekkür etmek istiyorum. Bu vesileyle, bu konferansı organize ettiği ve gerekli finansmanı sağladığı için düzenleme komitesine ve Sempozyum ortamını bizlere tahsis eden İTÜ Rektörü Prof. Dr. İsmail KOYUNCU hocamıza ve ekibine teşekkür ediyorum. Ayrıca Fiber ve Polimer Araştırma Enstitüsü'ne gösterdikleri özen için teşekkür etmek istiyorum.

Prof. Dr. Yusuf ULCAY

10. ULPAS Organizasyon Komitesi Adına

Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Enstitüsü Başkanı

İÇİNDEKİLER | CONTENTS

SYMPOSIUM SCHEDULE	1
Flexible energy harvesting devices for wearables.....	6
Terbiye Sektöründe Verimlilik Artırma Çalışmaları İle Karbon Ayak İzinin Azaltılması.....	7
A New Method Of Determination Of Evaporative Resistance Of Clothing From Its Thermal Resistance Measured On Dry Thermal Manikin.....	9
The Effect of a Phosphorus-Based FR on the Fire Performance and Flammability Properties of Basalt Fiber Reinforced Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Composite	10
The effect of calcium carbonate content and particle size on the thermal properties of the PVC foamed layer used for coated textiles	11
Production of Gelatin Fibrous Mats with Different Nanofiber Production Methods for Medical Applications and Comparison of Their Properties	12
Investigation of the Usability of Cord Weave Structures in Auxetic Woven Fabric Design...	13
Textile -Based Soft Robotics.....	19
Computational Modelling needs and challenges in 3D printed polymer composites	20
Water-Related Comfort Performance of Knitted Fabrics Treated with Hydro-functional Polymer Finish	21
Comparative Investigation of Yarn and Fabric Performance Properties of Sustainable and Traceable Cotton/Polylyana and Cotton/Acrylic Blend Yarns	25
Controlled release of antimicrobial compound from nanofiber PVA films and their antimicrobial activities	28
İşletme Şartlarında Mikrokapsül Aplike Edilen Havlu Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması	33
Development of Acoustic panel fabric by sound absorbtion, flame retardancy and stain resistance	36
Gama Radyasyonuna Karşı Zırhlama Özelliğine Sahip Kaplamalı Tekstil Ürünleri Geliştirilmesi	43
Buhar Fazında Polimerizasyon Yöntemiyle PEDOT Kaplı İletken Tekstil Yüzeyi Eldesinde Polimerizasyon Şartlarının İletkenlik Üzerine Etkisinin Araştırılması.....	48
Promising Materials Development Using PLA.....	56
Creating Multifunctional Materials Platforms from Textiles & Fibers: From Superhydrophobic Surfaces to Enhanced Food Security and Gas Sorption	57
Sustainable and Advanced Industrial Fabrics	58
Carbon Based Multidimensional and Multifunctional Polymer Nano Composites by Hybrid Approach	59
Improvement of Mechanical and Thermal Properties of Graphene, Carbon Nanotube and Carbon Nanofiber Reinforced Nanocomposites	60

Effect of Carbon Fiber Reinforcement on Dimensional Variations of 3D Printed Polyamide-6 Composites: A Simulation Study	63
Preparation of Halloysite Nanotube-Tertiary Amine Thermoset Nanocomposites via Free Radical Photocrosslinking Polymerization	64
Effect of okra bast fillers on biodegradation properties of poly(vinyl alcohol) composites....	68
A quantitative study on the pore morphology for the fabricated Polysulfone and Polysulfone/ Polyvinylpyrrolidone membranes	69
Carbon Spheres as Catalyst for Hydrogen Generation from Sodium Borohydride Methanolysis	73
Karbonil Demir ve Karbon Elyaf İçeren ABS Kompozitlerinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi.....	77
Ceviz Kabuğu Dolgulu Epoksi Hibrit Kompozit Malzemelerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu.....	81
Ram Ekstrüzyon Yöntemiyle Genişletilmiş Polytetrafluoroethylene (E-PTFE) Çubuk Üretimi	90
Tavlama Sıcaklığının Cam Liflerinin Yüzeyinde ALD Al:ZnO İnce Filmlerin Fotokatalitik Etkinliği Üzerine Etkisi	93
Düz örme tekniğiyle üretilmiş çok kullanımlık 3 boyutlu corona maskeleri	95
Plant assisted green synthesis of metal oxides	96
Pad Batch Boyama Bölümünde İpliği Boyalı Ürünlerde Proses Optimizasyonu	97
İplik Kalite Kontrol Verilerinin Weka Yazılımında Analizi İle Dokuma Üretim Kararının Alınması	101
Development of Halogen Free Flame retardant compound formulations that fulfil the international flame retardant test standards.....	107
Polivinil Alkol ve Chitosan Karışımından İplik Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi.....	111
HT Boyama Bölümünde Kasar İşleminin Optimizasyonu.....	114
PA6'ya Alternatif PTT Hammaddesi ile Motheryarn İplik Geliştirilmesi.....	117
Elektrospinning Yöntemiyle Üretilmiş PAN ve PVDF Nanolif İpliklerin İncelenmesi.....	118
İplik Kalitelerinin Dokuma Hazırlık Süreçlerindeki Verimliliklerine Göre Sınıflandırılması	121
Coconut (<i>Cocos nucifera</i>) Sheet Based Composites for Ballistic Applications	127
Recent Advances in Sustainable Dyeing of Textiles.....	128
A Study on Production of biofuel From Textile Waste as a Feedstock – A Review	129
Electrospun Carbon Nanofiber Composites for Water Treatment	136
Anionic Dye Removal using Polypropylene Nonwoven Functionalized by Chitosan, TiO ₂ , and Ag Nanoparticles	139
New Generation Sustainable Fibers For Clothing Industry	140
Engineering a Family of Disordered Fiber Networks via a Unified Theory Approach	150

Bazalt Kumaşların Termofizyolojik Özelliklerinin Uygulama Alanları Açısından Değerlendirilmesi	151
Poliester ve Poliamid Polimerlerinden Lökosit Filtresi Üretimi	155
Covid Yoğun Bakım Servis Çalışanları İçin Koruyucu Tulum Geliştirilmesi.....	159
Effect of Needle Heating on the Sewing of Medical Textiles.....	167
Modelling of Textile Structures: From the Approach to the Reality	168
Production of Macroporous Reduced Graphene Oxide Aerogel in Thin Film Form <i>via</i> Electrospinning Technique.....	169
Effect of solvent ratio on spinnability of solution blown PVDF nanofibers.....	174
Electrical Assisted Solution blow spinning of PVDF/TPU nanofibrous webs for air filtration applications.....	178
Investigating morphology effect of PCL nanofiber scaffolds on wound healing rate	179
It is About Quo Vadis For Textiles So What Textiles Have To Do in A Fast Changing Environment	181
Zeolitik İmidazolat Çerçevelerin Boya Giderim Performanslarının Değerlendirilmesi	182
Atık Reaktif Boyama Sularının Tekrarlı Kullanımı ile Pamuklu Kumaşların Boyanması	183
Pamuklu Mamullerin Direkt Boyarmaddeler Kullanılarak Tek Banyoda Boyanması.....	189
Sürdürülebilir Medikal Tekstil Kıyafetleri.....	195
Rijit Poliüretan Köpük Üretimi için Biyobazlı Poliol Sentezi	198
APPENDIX 1 POSTERS	
APPENDIX 2 SPONSORS	

13 Mayıs 2022 Cuma | 13th May 2022 Friday

09.00 – 10.00 Çay / Kahve Simit KAYIT | Tea, Coffee & Simit REGISTRATION

10.00 – 12.00 Açılış Töreni ve DAVETLİ KONUŞMA | Opening Ceremony & KEYNOTE SPEECH

SALON HALL OTURUM BAŞKANI SESSION CHAIRMAN ON-LINE ERIŞİM ON-LINE PARTICIPATION CANLI YAYIN LIVE BROADCAST OTURUM DESTEK SESSION SUPPORT	ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL Prof. Dr. Ali DEMİR http://shorturl.at/hplM6 https://youtu.be/hzt8xsUraCY ON-SITE: Emrah Akbiyik, Melih Ulus, Metin Baba ON-LINE: Ahmet Aydın, Ömer Faruk Ünsal
---	---

Prof. Dr. Yusuf ULCA Lif ve Polimer Araştırmaları Enstitüsü adına Hoşgeldiniz
Prof. Dr. Ömer Berk BERKALP İTÜ, Tekstil Teknolojileri ve Tasarım Fakültesi Dekanı
Prof. Dr. İsmail KOYUNCU İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER TÜBA Başkanı

KEYNOTE SPEECH: Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, Bursa Teknik Üniversitesi *Flexible energy harvesting devices for wearables*

12.00 - 14.00 ÖĞLE ARASI | LUNCH BREAK

14.00 - 16.00

OTURUM 1 SESSION 1 TEKNİK TEKSTİLLER TECHNICAL TEXTILES	OTURUM 2 SESSION 2 FONKSİYONEL TEKSTİLLER FUNCTIONAL TEXTILES	OTURUM 3 SESSION 3 FONKSİYONEL TEKSTİLLER FUNCTIONAL TEXTILES
SALON ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU HALL ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL OTURUM BAŞKANI Doç. Dr. Ali KILIÇ, İstanbul Teknik Üniversitesi SESSION CHAIRMAN ON-LINE ERIŞİM (ZOOM) http://shorturl.at/hplM6 ON-LINE PARTICIPATION CANLI YAYIN https://youtu.be/8BztFiZnygA LIVE BROADCAST OTURUM DESTEK ON-SITE: Emrah Akbiyik SESSION SUPPORT ON-LINE: Recep İlhan	GÖRSEL EĞİTİM SALONU VISUAL EDUCATION ROOM Prof. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU, Bursa Teknik Üniversitesi http://shorturl.at/ditRW https://youtu.be/XcUvy5LVHcM ON-SITE: Melih Ulus ON-LINE: Ayten Nur Yüksel Yılmaz	DOKTORA SALONU DOCTORATE HALL Prof. Dr. Levent TRABZON, İstanbul Teknik Üniversitesi http://shorturl.at/goEQ4 https://youtu.be/5R1dzlGI74k ON-SITE: Metin Baba ON-LINE: İnal Kaan Duygun
INVITED SPEECH: A New Method of Determination of Evaporative Resistance of Clothing From Its Thermal Resistance Measured on Dry Thermal Manikin, Prof. Dr. Lubos HES	INVITED SPEECH: Textile-Based Soft Robotics, Assoc. Prof. Dr. Özgür ATALAY	INVITED SPEECH, Computational Modelling needs and challenges in 3D printed polymer composites Prof. Dr. Muammer KOÇ
SPONSOR PRESENTATION: ARTEKYA	INVITED SPEECH: Effect of Needle Heating on the Sewing of Medical Textiles, Prof. Dr. Adnan MAZARI	SPONSOR PRESENTATION: INOVENSO
The Effect of a Phosphorus-Based FR on the Fire Performance and Flammability Properties of Basalt Fiber Reinforced Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Composite, Çağrıalp Arslan (On-site)	SPONSOR PRESENTATION: KADİFETEK	İşletme Şartlarında Mikrokapsül Aplike Edilen Havlu Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, Perinur Koptur Tasan (On-site)
The effect of calcium carbonate content and particle size on the thermal properties of the PVC foamed layer used for coated textiles, Mouna Stambouli (On-line)	Water-Related Comfort Performance of Knitted Fabrics Treated with Hydro-functional Polymer Finish, Tuğçe Köroğlu Yatıkçı (On-site)	Akustik Paneller İçin Ses Yutuculuk Özellikleri İyileştirilmiş Güç Tutuşur ve Kolay Temizlenebilir Kumaş Geliştirilmesi, Mahir Torsun (On-site)
SPONSOR PRESENTATION: UĞURLULAR	Comparative Investigation of Yarn and Fabric Performance Properties of Sustainable and Traceable Cotton/Polylyana and Cotton/Acrylic Blend Yarns, Neslihan Okyay (On-line)	SPONSOR PRESENTATION: AREKA
Production of Gelatin Fibrous Mats with Different Nanofiber Production Methods for Medical Applications and Comparison of Their Properties, Zeynep Yağmur Baydemir (On-site)	SPONSOR PRESENTATION: VERİTAS	Gama Radyasyonuna Karşı Zırhlama Özelliğine Sahip Kaplamalı Tekstil Ürünleri Geliştirilmesi, Elif Pınar Yozgatlı (On-site)
Investigation of the Usability of Cord Weave Structures in Auxetic Woven Fabric Design, Tuğba Yurdakul (On-line)	Controlled release of antimicrobial compound from nanofiber PVA films and their antimicrobial activities, Sultan Bütün Şengel (On-line)	Buhar Fazında Polimerizasyon Yöntemiyle PEDOT Kaplı İletken Tekstil Yüzeyi Eldesinde Polimerizasyon Şartlarının İletkenlik Üzerine Etkisinin Araştırılması, Serkan Yıldız (On-line)

16.00 - 16.30

Çay / Kahve Simit Molası | Tea, Coffee & Simit Break
POSTER ZİYARETLERİ | POSTER VISITS

16.30 - 18.00

OTURUM 4 SESSION 4 KOMPOZİTLER COMPOSITES		OTURUM 5 SESSION 5 KOMPOZİTLER COMPOSITES		OTURUM 6 SESSION 6 TEKSTİL TEKNOLOJİLERİ TEXTILE TECHNOLOGIES	
SALON HALL ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL OTURUM BAŞKANI Prof. Dr. Levent ÖNAL, <i>Tekirdağ</i> SESSION CHAIRMAN <i>Namık Kemal Üniversitesi</i> ON-LINE ERIŞİM (ZOOM) http://shorturl.at/hplM6 ON-LINE PARTICIPATION CANLI YAYIN https://youtu.be/KZrqKhVn4IU LIVE BROADCAST OTURUM DESTEK ON-SITE: Emrah Akbıyık SESSION SUPPORT ON-LINE: Recep İlhan		GÖRSEL EĞİTİM SALONU VISUAL EDUCATION ROOM Dr. Mehmet ÇALIŞIR, <i>Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i> http://shorturl.at/ditRW https://youtu.be/nlkar9lCQf0 ON-SITE: Melih Ulus ON-LINE: Ayten Nur Yüksel Yılmaz		DOKTORA SALONU DOCTORATE HALL Dr. Yasin ALTIN, <i>Bursa Teknik Üniversitesi</i> http://shorturl.at/goEQ4 https://youtu.be/uUL8Un69kek ON-SITE: Metin Baba ON-LINE: İnal Kaan Duygun	
INVITED SPEECH: Promising Materials Development Using PLA, Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI		INVITED SPEECH: Sustainable and Advanced Industrial Fabrics , Prof. Dr. Seshadri RAMKUMAR		INVITED SPEECH: Düz örme tekniğiyle üretilmiş çok kullanımlık 3 boyutlu corona maskeleri, Prof. Dr. Ahmet ÜNAL	
INVITED SPEECH, Creating Multifunctional Materials Platforms from Textiles & Fibers: From Superhydrophobic Surfaces to Enhanced Food Security and Gas Sorption, Prof. Dr. Saad KHAN		SPONSOR PRESENTATION: SÜLEKLER TEKSTİL		SPONSOR PRESENTATION: ANİPEK	
SPONSOR PRESENTATION: AYDIN TEKSTİL		Effect of okra bast fillers on biodegradation properties of poly(vinyl alcohol) composites, Gazi Md Arifuzzaman Khan (On-line)		Pad Batch Boyama Bölümünde İpliği Boyalı Ürünlerde Proses Optimizasyonu, Sultan Aras (On-line)	
Improvement of Mechanical and Thermal Properties of Graphene, Carbon Nanotube and Carbon Nanofiber Reinforced Nanocomposites, Merve Özdemir (On-line)		A quantitative study on the pore morphology for the fabricated PSF and PSF/PVP membranes, H. Alasfar Reema (On-line)		İplik Kalite Kontrol Verilerinin Weka Yazılımında Analizi İle Dokuma Üretim Kararının Alınması, Aslı Özmen Selçuk (On-line)	
Effect of Carbon Fiber Reinforcement on Dimensional Variations of 3D Printed Polyamide-6 Composites: A Simulation Study, Ans Al Rashid (On-line)		SPONSOR PRESENTATION: MAİTEKS TEKSTİL		SPONSOR PRESENTATION: BOSSA	
SPONSOR PRESENTATION: KUŞ TEKSTİL		Carbon Spheres as Catalyst for H2 Generation from Sodium Borohydride Methanolysis, Hatice Deveci (On-line)		Uluslararası Güç Tutuşur Test Standartlarını Karşılayan Halojen Free Güç Tutuşur Kompaunt Formülasyonların Geliştirilmesi, Mahir Torsun (On-site)	
Preparation of Halloysite Nanotube-Tertiary Amine Thermoset Nanocomposites via Free Radical Photocrosslinking Polymerization, Seda Bekin Açar (On-line)				Polivinil Alkol ve Chitosan Karışımından İplik Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Ulviye Adamcı (On-site)	
19.00 - 23.00 BOĞAZDA SEMPOZYUM YEMEĞİ SYMPOSIUM DINNER AT BOSPHORUS					

14 Mayıs 2022 Cumartesi | 14th May 2022 Saturday

08.00 - 09.00

Çay / Kahve Simit | Tea, Coffee & Simit
POSTER ZİYARETLERİ | POSTER VISITS

09.00 - 10.00

ORTAK OTURUM | PLENARY SESSION

OTURUM BAŞKANI | SESSION CHAIRMAN
ON-LINE ERIŞİM | ON-LINE PARTICIPATION
CANLI YAYIN | LIVE BROADCAST
OTURUM DESTEK | SESSION SUPPORT

SALON | HALL
ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU | ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL
Prof. Dr. Yusuf ULCAY
<http://shorturl.at/hplM6>
<https://youtu.be/ARhBHWYEWAA>
ON-SITE: Emrah Akbıyık, Melih Ulus, Metin Baba | ON-LINE: Ahmet Aydın, Ömer Faruk Ünsal

KEYNOTE SPEECH: Prof. Dr. Mehmet KANIK *Terbiye Sektöründe Verimlilik Artırma Çalışmaları İle Karbon Ayak İzinin*
Bursa Uludağ Üniversitesi Azaltılması

10.00 - 12.00

OTURUM 7 | SESSION 7
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK | SUSTAINABILITY

SALON ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU
HALL ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL
OTURUM BAŞKANI Dr. Öğrt. Üyesi Yasin AKGÜL,
SESSION CHAIRMAN Karabük Üniversitesi
ON-LINE ERIŞİM (ZOOM) <http://shorturl.at/hplM6>
ON-LINE PARTICIPATION
CANLI YAYIN <https://youtu.be/Dkxjbho8RC8>
LIVE BROADCAST
OTURUM DESTEK ON-SITE: Emrah Akbıyık
SESSION SUPPORT ON-LINE: Recep İlhan

INVITED SPEECH, Prof. Dr. Mohammad JAWAID

OTURUM 8 | SESSION 8
MEDİKAL TEKSTİLLER | MEDICAL TEXTILES

GÖRSEL EĞİTİM SALONU
VISUAL EDUCATION ROOM
Dr. Yasin ALTIN, Bursa Teknik Üniversitesi
<http://shorturl.at/ditRW>
<https://youtu.be/IXKvjAsCxs>
ON-SITE: Melih Ulus
ON-LINE: Ayten Nur Yüksel Yılmaz

INVITED SPEECH: Engineering a Family of Disordered Fiber Networks via a Unified Theory Approach, Prof. Dr. Amit RAWAL

OTURUM 9 | SESSION 9
KOMPOZİTLER | COMPOSITES

DOKTORA SALONU
DOCTORATE HALL
Dr. İsmail BORAZAN, Bartın Üniversitesi
<http://shorturl.at/goEQ4>
https://youtu.be/rtbMOpC_u14
ON-SITE: Metin Baba
ON-LINE: İnal Kaan Duygun

INVITED SPEECH: Carbon Based Multidimensional and Multifunctional Polymer Nano Composites by Hybrid Approach, Prof. Dr. Levent TRABZON

INVITED SPEECH: Recent Advances in Sustainable Dyeing of Textiles, Dr. Aminoddin HAJI

INVITED SPEECH, Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD

SPONSOR PRESENTATION: MOGUL NONWOVEN

SPONSOR PRESENTATION: KARAFIBER

SPONSOR PRESENTATION: KUTLUCAN TEKSTİL

Karbonil Demir ve Karbon Elyaf İçeren ABS Kompozitlerinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Nazlıcan Çaylı (On-line)

A Study on Production of biofuel From Textile Waste As a Feedstock – A Review, Mohammad Khajeh Mehrizi (On-site)

Bazalt Kumaşların Termofizyolojik Özelliklerinin Uygulama Alanları Açısından Değerlendirilmesi, Çağlar Sivri (On-line)

Ceviz Kabuğu Dolgulu Epoksi Hibrit Kompozit Malzemelerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu, Üzeyir Adıbelli (On-line)

Electrospun Carbon Nanofiber Composites for Water Treatment, Mohammad Khajeh Mehrizi (On-site)

Poliester ve Poliamid Polimerlerinden Lökosit Filtresi Üretimi, Firdevs Sivri Mert (On-line)

SPONSOR PRESENTATION: POLYTEKS

SPONSOR PRESENTATION: KFS

SPONSOR PRESENTATION: MERİH ASANSÖR

Ram Ekstrüzyon Yöntemiyle Geniştirilmiş Polytetrafluoroethylene (E-PTFE) Çubuk Üretimi, Galip Yılmaz (On-line)

Anionic Dye Removal using Polypropylene Nonwoven Functionalized by Chitosan, TiO₂, and Ag Nanoparticles, Aminoddin Haji (On-site)

Covid Yoğun Bakım Servis Çalışanları İçin Koruyucu Tulum Geliştirilmesi, Nazime Seyrek Kurban (Online)

Tavlama Sıcaklığının Cam Liflerinin Yüzeyinde ALD Al:ZnO İnce Filmlerin Fotokatalitik Etkinliği Üzerine Etkisi, Sena Özkan

New Generation Sustainable Fibers For Clothing Industry, Hülya Kıcık (On-site)

Çay / Kahve Simit Molası | Tea, Coffee & Simit Break
POSTER ZİYARETLERİ | POSTER VISITS

12.00 - 12.30

12.30 - 14.30

OTURUM 10 SESSION10 NANOLİFLER NANOFIBERS	OTURUM 11 SESSION 11 TEMİZ TEKNOLOJİLER CLEAN TECHNOLOGIES	OTURUM 12 SESSION 12 TEKSTİL TEKNOLOJİLERİ TEXTILE TECHNOLOGIES
SALON ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU HALL ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL OTURUM BAŞKANI Doç. Dr. Ali AKPEK, Yıldız Teknik Üniversitesi SESSION CHAIRMAN ON-LINE ERİŞİM (ZOOM) http://shorturl.at/hpIM6 ON-LINE PARTICIPATION CANLI YAYIN https://youtu.be/lv2iWz4qikQ LIVE BROADCAST OTURUM DESTEK ON-SITE: Emrah Akbiyık SESSION SUPPORT ON-LINE: Recep İlhan	GÖRSEL EĞİTİM SALONU VISUAL EDUCATION ROOM Dr. Gülçin BAYSAL, Eskişehir Teknik Üniversitesi http://shorturl.at/ditRW https://youtu.be/T5_-lMo3tfQ ON-SITE: Melih Ulus ON-LINE: Ayten Nur Yüksel Yılmaz	DOKTORA SALONU DOCTORATE HALL Dr. Mehmet ÇALIŞIR, Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi http://shorturl.at/goEQ4 https://youtu.be/sGxmv4_oMXE ON-SITE: Metin Baba ON-LINE: İnal Kaan Duygun
INVITED SPEECH, Modelling Of Textile Structures: From The Approach To The Reality, Prof. Dr. Savvas G. VASSILIADIS	INVITED SPEECH: It is About Quo Vadis For Textiles So What Textiles Have To Do in A Fast Changing Environment, Prof. Dr. Paul KIEKENS	INVITED SPEECH: Plant assisted green synthesis of metal oxides, Prof. Dr. Mohammad MANSOOB KHAN
Production of Macroporous Reduced Graphene Oxide Aerogel in Thin Film Form via Electrospinning Technique, Harun Baş (On-line)	INVITED SPEECH: Refurbishing the industrial sector with sustainable and Greener Materials: Circular Bioeconomy, Prof. Dr. Ahmed HASSANIN / Osbert AKATWIJUKA	INVITED SPEECH, Prof. Dr. Tamer HAMOUDA
Effect of solvent ratio on spinnability of solution blown PVDF nanofibers, Merve Nur Sağırılı (On-site)	Zeolitik İmidazolat Çerçevelerin Boya Giderim Performanslarının Değerlendirilmesi, Gülşah Başkan (On-line)	HT Boyama Bölümünde Kasar İşleminin Optimizasyonu, Özlem Demir (On-line)
SPONSOR PRESENTATION: AKSA AKRİLİK	Atık Reaktif Boyama Sularının Tekrarlı Kullanımı ile Pamuklu Kumaşların Boyanması, Bilge İncekara (On-line)	PA6'ya Alternatif PTT Hammaddesi İle Mother yarn İplik Geliştirilmesi, Ecenur Tor (On-site)
Electrical Assisted Solution blow spinning of PVDF/TPU nanofibrous webs for air filtration applications, Andinet Kumella Eticha (On-site)	Pamuklu Mamullerin Direkt Boyarmaddeler Kullanılarak Tek Banyoda Boyanması, Güzin Akyol (On-line)	Elektrospinning Yöntemiyle Üretilmiş PAN Ve PVDF Nanolif İpliklerin İncelenmesi, Nuray Kızıl (On-line)
Investigating morphology effect of PCL nanofiber scaffolds on wound healing rate, Ahmad Hivechi (On-line)	Sürdürülebilir Medikal Tekstil Kıyafetleri, Mehmet Kertmen (On-site)	İplik Kalitelerinin Dokuma Hazırlık Süreçlerindeki Verimliliklerine Göre Sınıflandırılması, Özlem Demir (On-line)
	Rijit Poliüretan Köpük Üretimi için Biyobazlı Poliol Sentezi, Seda Pur (On-line)	

14.30 - 15.00

KAPANIŞ OTURUMU | CLOSING SESSION

SALON HALL OTURUM BAŞKANI SESSION CHAIRMAN ON-LINE ERİŞİM ON-LINE PARTICIPATION http://shorturl.at/hpIM6 CANLI YAYIN LIVE BROADCAST https://youtu.be/X020JU6_WHQ OTURUM DESTEK SESSION SUPPORT ON-SITE: Emrah Akbiyık, Melih Ulus, Beyza Altundağ ON-LINE: Ahmet Aydın, Ömer Faruk Ünsal INOVENSO Ltd. Şti.'ne destekleri için teşekkür ederiz. Thanks for the kind support of Inovenso Ltd. Şti.	ORHAN ÖCALGIRAY KONFERANS SALONU ORHAN ÖCALGIRAY CONFERENCE HALL Prof. Dr. Ali DEMİR ON-SITE: Emrah Akbiyık, Melih Ulus, Beyza Altundağ ON-LINE: Ahmet Aydın, Ömer Faruk Ünsal INOVENSO Ltd. Şti.'ne destekleri için teşekkür ederiz. Thanks for the kind support of Inovenso Ltd. Şti.
---	--

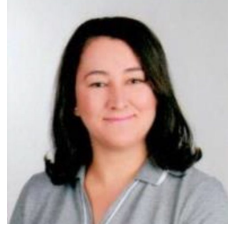
15.00 - 16.00

BAHÇEDE PİZZA | PIZZA AT THE GARDEN

POSTER NO	POSTER SUNUMLARI
1	Farklı Yapıdaki Kumaşlara Antimikrobiyal Apre Uygulaması ve Etkinliklerinin Karşılaştırılması, Nisa Sipahi
2	Otomotivde Havalandırma Sistemine Sahip Koltuklarda Kullanılmak Üzere Komponent Geliştirilmesi, Ozan Onuktav
3	Uluslararası Otobüs Koltuk Kumaşı Standartlarını Sağlayan Anti-viral Fonksiyonel Kumaş Geliştirilmesi, Mahir Torsun
4	Development of Velvet Spacer Fabric And Finishing Technologies, Erkan Durukan
5	Elektromanyetik Kalkanlama Özellikli Seamless Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin İncelenmesi, Perinur Koptur Tasan
6	Pamuklu Kumaşların Ön İşlem Sırasında Farklı Aktivatörler Kullanılarak Sıcaklığın ve Kimyasalların Azaltılmasına Yönelik Optimizasyon Çalışmaları, Sevil Günc
7	Kolay Temizlenebilir Su İtici, Nefes Alabilen ve Antibakteriyel Özellikte Kumaş Geliştirilmesi, Ömer Faruk Durmuş

Flexible energy harvesting devices for wearables

Ayşe Çelik Bedeloğlu



Bursa Technical University, Polymer Materials Engineering Department, Bursa, Turkey

Abstract:

Wearable devices, which have started to be used inside and outside the body, have attracted attention in recent years due to the benefits they provide in daily life and health. The smart wearable device market was valued at US\$14920 million, with 266.3 million units worldwide in 2020 and is expected to reach US\$38650 million by the end of 2026, an increase of approximately 20%, reaching 776.23 million units by 2026. While a wide variety of devices such as pacemakers, fitness trackers, retinal prostheses are produced commercially in the field of wearable electronic and biomedical devices, many studies are carried out on wearable technologies in the academy. On the other hand, most of the smart wearable products developed use batteries that can run out after a certain period of time. Since this affects the operation of these devices, the power supply requirement of wearable devices is one of the biggest problems to be overcome today. In order to overcome this problem, various studies are carried out on scalable, light, cost-effective, sustainable and continuous energy producing technologies by using different energy sources based on motion/vibration, light, heat and electromagnetic radiation. Recently, in the energy generation devices, polymer-based films, nanofibers, yarns and textile fabrics are preferred to obtain flexible harvesting technologies. In this study, the types, features, advantages-disadvantages and future situations of polymer-based flexible energy harvesting devices for wearable devices will be discussed by giving examples from our studies.

Keywords: nanogenerator, piezoelectric device, triboelectric device, pyroelectric device, polymer, textile, nanofiber

Acknowledgement: This study was supported by Turkish Scientific and Technical Research Council, TUBITAK, project no: 219M103.

Terbiye Sektöründe Verimlilik Artırma Çalışmaları İle Karbon Ayak İzinin Azaltılması

Mehmet Kanık



Bursa Uludag University, Department of Textile Engineering, Bursa, Turkey

ÖZET:

Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde getirilen “sınırdaki karbon düzenlemesi” ile birlikte, tüm sektörlerde olduğu tekstil terbiye sektöründe de “karbon ayak izinin” azaltılması önemli gündem maddelerinden birisi haline gelmiştir. Bu amaçla, bir yandan daha düşük karbon ayak izi ile üretim yapılmasına yönelik olarak yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması; diğer yandan da mevcut üretim teknolojileriyle üretimde daha düşük karbon ayak izine yol açan girdilerin/proseslerin kullanılması üzerinde çalışılmaktadır. Bu konuda terbiye sektörü açısından çok önemli olan üçüncü bir husus da, özellikle kaynak ve zaman kullanımına yönelik “üretim verimliliğinin artırılması” yoluyla karbon ayak izinin azaltılmasıdır. Bu sunuşta, boyahane verimliliğinin sürdürülebilir tekstil üretimi açısından önemi, verimlilik artışı ile karbon ayak izinin azaltılması ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin (LCA) bu amaçla etkin bir araç olarak kullanımı üzerinde kısaca durulacaktır.

CHAPTER 1

TEKNİK TEKSTİLLER
TECHNICAL TEXTILES



A New Method Of Determination Of Evaporative Resistance Of Clothing From Its Thermal Resistance Measured On Dry Thermal Manikin

Lubos Hes and Frederic T. Fung



Technical University of Liberec, Czech Republic

Abstract:

In the paper, a new method of determination of thermal and evaporation resistance of clothing through thermal manikins is presented. The so-called dry thermal manikins serve to determine the thermal resistance of clothing only, whereas the very costly sweating thermal manikins measure also the clothing evaporation resistance. Due to irregular moisture distribution absorbed in clothing, which also reduces thermal resistance and water vapour permeability of the tested clothing, the experimental results achievable in these manikins suffer from low reproducibility.

In the study, novel method is theoretically analysed and experimentally verified, in which thermal resistance data measured on dry manikins are transformed into evaporative resistance of clothing. The transformation procedure is based on comparative measurements of thermal and evaporative resistances in a special quick and non-destructive PERMETEST Skin model, which evaluates heat and mass transfer in simulated vertical air gaps corresponding to real air gaps in the worn clothing. Results of this original and systematic research were then statistically treated, theoretically analysed and then presented as transformation equations specific to all tested woven fabrics.

The evaporation resistance data determined by these equations then correlated with data achieved by testing clothing (made of the studied fabrics) on a real sweating manikin at the Lund University in Sweden. For air gaps in the range of 8 to 14 mm (the mostly occurring gaps), the differences did not exceed 15%, which can be accepted as a good result when considering the complexity of the measurements.

As follows from an extended literature survey, no study on a similar topic was found in the available reports, despite many papers published on manikins. Application of the presented innovative method may extend the use of cheaper and easy operable dry manikins in many textile laboratories globally, despite certain limitations of this new method.

The Effect of a Phosphorus-Based FR on the Fire Performance and Flammability Properties of Basalt Fiber Reinforced Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Composite

ARSLAN, Cagrialp¹, DOGAN, Mehmet²

¹Department of Textile Engineering, Bartın University, 74110, Bartın, Turkey

²Department of Textile Engineering, Erciyes University, 38039, Kayseri, Turkey

carslan@bartin.edu.tr

ARSLAN, Cagrialp (0000-0002-5993-2983)

DOGAN, Mehmet (0000-0001-9157-6504)

SUMMARY

This study focuses on the improvement in fire performance, and flame retardancy (FR) properties of chopped basalt fiber (BF) reinforced acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) composites. For this purpose, different amount of aluminum diethyl phosphinate (AlPi) compound (5, 10, and 15wt%) was incorporated in the composites. The FR properties of the composites were examined via limiting oxygen index (LOI), UL-94 standard, and mass loss calorimeter tests. Thermogravimetric analysis (TGA) was carried out to analyze the decomposition behavior of the composites. SEM inspection was also performed to examine the char surfaces of the composites. The results and findings showed that the introduction of AlPi compound into the composite structure leads to promotion in the char yield and improves the fire performance of the ABS matrix. As the added amount of AlPi into the composite increased, the LOI value of the composite increased. The addition of 15 wt% AlPi resulted in a UL-94 rating of V1 and the LOI value of 31.4%.

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCES OF FUNDING

This work was supported by Erciyes University Scientific Research Unit under grant no BAP-FDK-2017-7749.

The effect of calcium carbonate content and particle size on the thermal properties of the PVC foamed layer used for coated textiles

STAMBOULI, Mouna ¹, CHAOUCH, Walid¹, GARGOUBI, Sondes¹, ZOUARI, Riadh¹,
MSAHLI, Slah¹

¹ University of Monastir, ISET Ksar Hellal, Textile Engineering Laboratory - LGTex,5070 ,
Monastir, Tunisia.

Mounastambouli@gmail.com

SUMMARY

Two different particle sizes of calcium carbonate filler have been tested for their ability to ameliorate the thermal stability of the foamed layer used for PVC synthetic leather. Calcium carbonate (CaCO₃) particles are particularly effective HCl absorbers, and the particle size and loading of the fillers have a considerable impact on their absorbing capabilities. The synergy of the two fillers in absorbing HCl is supported by TGA and DSC analysis, and its mechanism is also proposed.

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCES OF FUNDING

This project is carried out under the MOBIDOC scheme, funded by the EU through the EMORI program and managed by the ANPR.

The authors would like to express their deepest gratitude to Plastiss Company and especially to Mr. Aweb Baccar for their participation and technical support

Production of Gelatin Fibrous Mats with Different Nanofiber Production Methods for Medical Applications and Comparison of Their Properties

GUNGOR, Melike^{1,2}, SAGLAMKOL, Kevser¹, BAYDEMİR, Z. Yagmur¹, KILIC, Ali^{1,2,*}

¹TEMAG Labs, Textile Tech. and Design Faculty, Istanbul Tech. Uni., Istanbul, Turkey

²Areka Group LLC, Istanbul, Turkey.

*alikilic@itu.edu.tr

GUNGOR, Melike (0000-0002-2124-3787)

SAGLAMKOL, Kevser (0000-0001-8563-4755)

BAYDEMİR, Z. Yagmur (0000-0002-5341-0017)

KILIC, Ali (0000-0002-7795-0130)

Abstract:

In the literature, there are studies for medical applications with different nanofiber production methods using natural polymers. However, each system has different fiber forming capabilities. For this reason, in this study, we studied production of nanofibers from a biodegradable natural polymer, gelatin, with four separate nanofiber production methods which are electrospinning (ES), electroblowing (EB), solution blowing (SB), and centrifugal spinning (CS), so that we aimed to decide on the production method in which the most suitable fibrous web structure is obtained for medical applications and to shed light on science in this respect. It was seen that the thinnest fibers (386 nm) and the heaviest mats (15.975 g m⁻²) were produced by the SB method as a result of the production made with 10wt.% gelatin solution using a total of 10 ml. With the ES and EB methods, tighter fabric structures were obtained than the others due to the presence of electric field. In the CS method, more and bead-free fibers were produced due to the increase in viscosity with a 12.5wt.% gelatin solution. Also, with the concentration of 12.5wt.%, the fiber diameters of SB and CS samples increased by about 2 times.

Keywords: Nanofibers, Gelatin, Nanofiber production methods, Medical applications

Acknowledgements

The authors thank AREKA Advanced Technologies Ltd. Comp. for permission to use the Aerospinner L1.0, Nanocentrino L1.0 nanofiber production devices in their work.

Investigation of the Usability of Cord Weave Structures in Auxetic Woven Fabric Design

AKGUN, Mine¹, SUVARI, Fatih¹, EREN, Recep¹, YURDAKUL, Tuğba²

¹ Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Textile Engineering Department, Bursa, Turkey,

² Bursa Uludag University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Textile Engineering Department, Bursa, Turkey

akgunm@uludag.edu.tr

SUMMARY

This study investigated the effect of cord weave structures on auxetic woven fabric designs. For this purpose, warp cord weave combined with plain weave structure were used. At the same time, these weave structures were woven with different weft yarn thickness and the effects of yarn thickness were also evaluated.

Experimental results showed that an auxetic performance could be obtained from the weave structure that cord weave (warp cord weave) combined with plain weave in the warp direction. In the case of using thick weft yarn, it was observed that the auxetic performance of the fabric continued under longer elongation values. In the cord weave pattern designs, it was observed that the density of the one-to-one yarn connection regions placed between the long yarn floating regions affects the auxetic behavior of the fabric.

PURPOSE

Since cord weave structures create a durable fabric structure, they could be preferred in upholstery, outdoors, and technical textile areas. In this study, possible auxetic performance behavior of cord weave structures woven with conventional yarns were evaluated.

INTRODUCTION

Materials with a Negative Poisson's Ratio (NPR) are called auxetic materials. Poisson's ratio (ν), in other words, the coefficient of elasticity, is defined as the negative ratio of the transverse unit strain occurring perpendicular to the force applied to a material to the longitudinal strain in the direction in which the force is applied. As opposed to materials with a positive Poisson's ratio, auxetic materials expand laterally when stretched and contract laterally when compressed¹⁻⁶.

Auxetic woven fabric structures can be produced by using auxetic yarn with conventional weave design, using auxetic weave design with conventional yarn, and by combining auxetic yarn and auxetic weave design⁷⁻¹⁰.

In literature, it was noted that different combinations of conventional yarns are used in warp and weft yarns to develop the auxetic fabric. Also, it was stated that the benefit of using conventional yarns in making auxetic fabrics is that they have higher structural stability than auxetic fibers⁷.

Cord weaves are pattern structures that create corrugated effects or raised stripes running in the warp or weft direction in the fabric structure. There are varieties of cord weaves in different pattern structures that can be created in warp or weft directions¹¹⁻¹².

EXPERIMENTAL

Material

In this study, fabrics were woven using the cord weave (warp direction) combined with plain weave structure to examine the effect of cord weave structure on the auxetic performance of the woven fabric. The weave pattern is presented in Figure 1.

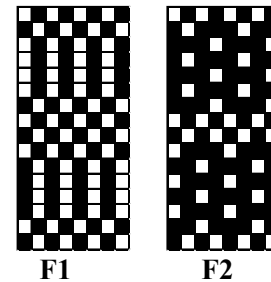


Figure 1. Schematic presentation of the weave pattern

In the pattern structure of the F1 fabric, long yarn floats were more dominant. In the pattern structure of the F2 fabric, yarn intersection areas that make a one-

to-one connection between the yarns that make long yarn floats were added. The density of the one-to-one intersections region of the F2 fabric was higher than F1. Fabrics were woven with textured polyester yarn in the warp and weft. In addition, two different thicknesses of yarn were used in the weft yarn to examine the effect of yarn thickness. Structural parameters and microscopic images (INSIZE ISM-PRO) of fabrics at 50 times magnification are presented in Table 1 and Figure 2, respectively.

Table 1. Structural parameters of fabric samples

Fabric Code	Yarn Count [denier]		Yarn Density [thread/cm]	
	Warp	Weft	Warp	Weft
F1	100	300	42	24
		600	42	24
F2	100	300	42	24
		600	42	22

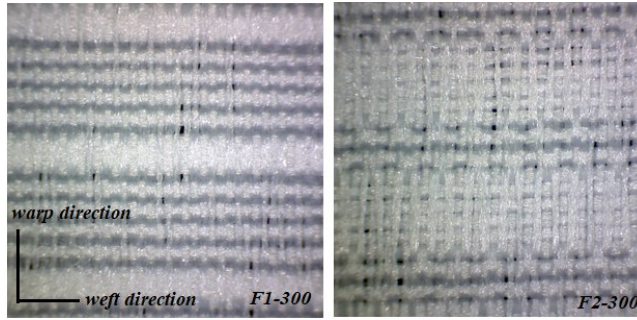


Figure 2. Microscopic images of fabrics (Mag: 50X)

Method

Tensile measurements of fabrics at warp and weft direction were made in Shimadzu AG-X plus strength device, according to ISO 13934-1 (2013) standard test method. The gauge length and tensile speed were set at 200 mm and 10 mm/min, respectively. Fabrics were photographed by a digital microscope (INSIZE ISM-PRO) with a time interval of 5 seconds (or after each 0.83 mm extension) until the 20 mm (120 seconds) elongation during the tensile test. The setup of the testing system is presented in Figure 3.

Markers were placed on the fabric to calculate the strains of the fabric in both transverse and longitudinal directions. The distances between the markers placed on the fabric were measured with a method¹⁴ developed using MATLAB software, on the fabric images taken both in the free state and stretched state. Poisson's ratio (ν) was calculated¹ using Equation (1) as follows;

$$\nu = - (\text{transverse strain} / \text{longitudinal strain}) \quad (1)$$



Figure 3. Measurement setup

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

To evaluate the possible auxetic performances of fabrics woven in cord weave patterns, Poisson's ratios of the fabrics at the warp and weft directions were investigated (Figures 4 – 7).

In Figure 4, it was observed that the F1 fabric showed auxetic behavior under the warp direction. It was seen that F1 fabric gave negative Poisson's value in both weft yarn thickness values.

It was observed that NPR values up to ≈ 7.5 mm elongation value was obtained in the fabric woven with 300 denier weft yarn, while NPR values up to ≈ 10 mm elongation value was obtained in the fabric woven with 600 denier weft yarn. It was observed that the auxetic performance of the fabric could continue under longer elongation values in case of using thick weft yarn.

In addition, as the elongation value applied to the fabrics increased (Fig.4), it was observed that although positive Poisson's ratio values showed, this value remained below approximately +0.1 until 20 mm elongation. This result showed that the fabric deformations were relatively low under a high elongation of 20 mm.

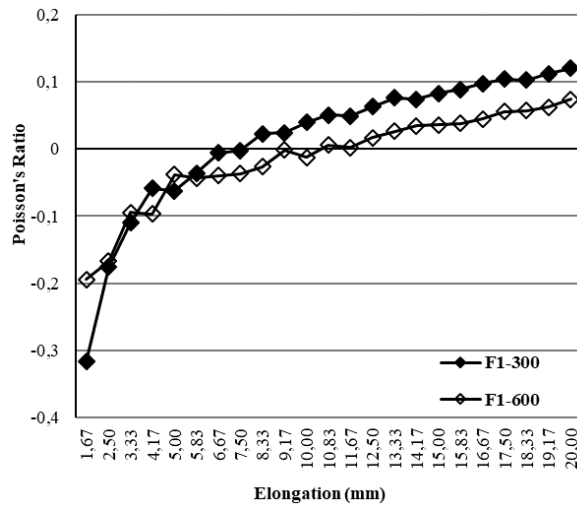


Figure 4. Poisson's ratio – elongation curve of F1 fabric at warp direction

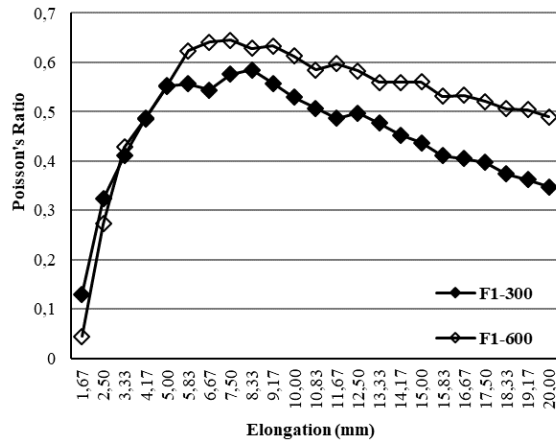


Figure 5. Poisson's ratio – elongation curve of F1 fabric at weft direction

In Figure 5, it was seen that positive Poisson's ratios were obtained under weft directional elongation in the F1 fabric.

In Fig.5, it was observed that the Poisson's ratios decreased steadily after a certain value as the elongation was continued. In the literature¹⁵, it was stated that the value of fabric Poisson's ratio is expected to decrease steadily at large elongations. After a certain stage, as the fabric continues to be extended, due to the locking of the yarns connecting with each other in the fabric structure, the strain in the width direction does not more contraction while the longitudinal strain continues to increase. As a result, it was observed that the Poisson's ratio values of the fabric decreased as the extension applied to the fabric was increased.

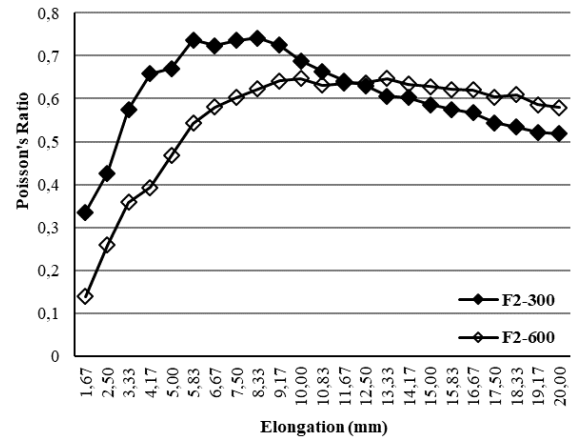


Figure 6. Poisson's ratio – elongation curve of F2 fabric at warp direction

In Figure 6, the change in the warp directional Poisson's ratio values of the F2 fabric due to elongation was presented. It was observed that NPR could not be obtained under the warp direction of the F2 fabric.

In the weave structure forming the F2 fabric, yarn intersection (connection) regions that make one-to-one connections between the yarns that make long yarn floats were added. The one-to-one connection points in the weave structure forming the F2 fabric were denser than the fabric forming the F1 fabric.

This result showed that the F2 fabric could not show a widening effect in the transverse direction under the longitudinal elongation. Therefore, it was seen that the NPR could not be obtained from the weave structure forming F2 fabric in the warp direction.

On the other hand, the density of the one-to-one intersection regions of the yarns placed between the long yarn float regions was less in the weave structure that cord combined with plain weave that formed up the F1 fabric. This situation enabled NPR values to be obtained in the warp direction of the fabric by showing an expansion effect in the transverse direction of the fabric under the effect of longitudinal elongation.

In Figure 7, it was seen that positive Poisson's ratios were obtained under weft directional elongation in the F2 fabric. NPR effect could not be obtained in both warp and weft directions in F2 fabric (Figs. 7 and 8).

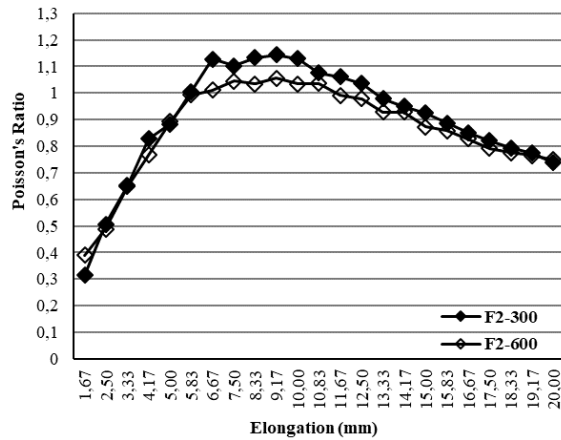


Figure 7. Poisson's ratio – elongation curve of F2 fabric at weft direction

It was considered that this NPR effect was since the weft yarns in the long floating regions created a widening effect in the transverse direction of fabric when the fabric was extended in the warp direction in the F1 fabric (Figure 1). In the F2 fabric, it was considered that the cord combined weave design that made up the F2 fabric did not show the NPR effect since the one-to-one yarn connection regions placed between the weft yarns in the long floating regions prevent this widening effect of the fabric in the transverse direction. The density of the one-to-one intersection regions placed between the long yarn floating regions in the weave structure that cord combined with the plain weave that made up the F1 fabric was less. This situation enabled NPR values to be obtained in the warp direction of the fabric by showing an expansion effect of the fabric in the transverse direction under the effect of a longitudinal elongation.

As a result of the experimental study, it was observed that the NPR could be obtained in cord combined (warp cord weave) weave designs (as obtained in F1 fabric weave patternn) under the warp direction. It was observed that this NPR effect maintain under relatively high elongation values at both yarn thickness values of weft (300 and 600 denier) in the warp direction.

CONCLUSIONS

In this study, in which the effect of cord combined weave structures on the auxetic performance of fabrics was examined.

Experimental results showed that an auxetic performance could be obtained from the cord weave (warp cord weave) structures in which long yarn floats were more dominant. NPR effect was obtained in the warp direction. In the case of using thick weft yarn, it

was observed that the auxetic performance of the fabric continued under longer elongation values. In the cord weave pattern designs, it was observed that the density of the one-to-one yarn connection regions placed between the long yarn floating regions affects the auxetic behavior of the fabric.

SUGGESTION FOR FURTHER WORK

Auxetic analysis studies of fabrics woven with different auxetic weave pattern designs will be carried out.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank HES Tekstil (Bursa) for their contribution to the production of the fabrics.

SOURCES OF FUNDING

This research has been supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK): Project No.119M358.

-
- AKGUN, Mine (0000-0002-6415-7782)
 - SUVARI, Fatih (0000-0001-5708-7993)
 - EREN, Recep (0000-0001-9389-0281)
 - YURDAKUL, Tuğba (0000-0003-0369-3757)

LITERATURE

1. Uzun, M. 2010. "Negative Poisson Ratio (Auxetic) Materials and Their Applications", The Journal of Textiles and Engineers, 77, 13-18.
2. Carneiro, V. H., Meireles, J., Puga, H. 2013. "Auxetic Materials – A Review", Materials Science, 31, 561-571.
3. Darja, R., Tatjana, R., Alenka, P. C. 2013. "Auxetic Textiles", Acta Chim. Slov., 60, 715–723.
4. Evans, K. E., Nkansah, M. A., Hutchinson, I. J., Rogers, S. C. 1991. "Molecular Network Design", Nature, 353 (6340), 124-125.
5. Evans, K. E., Alderson, K. L. 2000. "Auxetic Materials: The Positive Side of Being Negative" Engineering Science and Education Journal, 9, 148–154.
6. Choi, J. B., Lakes, R. S. 1991. "Design of a Fastener Based on Negative Poisson's Ratio Foam", Cellular Polymers, 10, 205-212.
7. Shukla, S., Behera, B. K., Mishra, R. K., Tichý, M., Kolář, V., Müller, M. 2022. "Modelling of Auxetic Woven Structures for Composite Reinforcement" Textiles, 2, 1–15.
8. Ng, W. S., Hu, H. 2018. "Woven Fabrics Made of Auxetic Plied Yarns", Polymers, 10, 226, 1-19.

9. Sloan, M., Wright, J., Evans, K. 2011. "The Helical Auxetic Yarn—A Novel Structure for Composites and Textiles; Geometry, Manufacture and Mechanical Properties", *Mechanics of Materials*, 43, 476–486.
10. Miller, W., Hook, P. B., Smith, C. W., Wang, X., Evans, K. E. 2009. "The Manufacture and Characterisation of A Novel, Low Modulus, Negative Poisson's Ratio Composite", *Composites Science and Technology*, 69, 651–655.
11. Oelsner, G. H. 1916. *A Handbook of Weaves*, The Macmillan Company.
12. Watson, W. 1912. *Textile Design and Colour, Elementary Weaves and Figured Fabrics*, Longmans, Green and Co.
13. ISO 13934-1. (2013). *Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method*.
14. Suvvari, F., Akgun, M., Eren, R., Yurdakul, T. 2021. "Determination of deformation behavior of woven fabrics under stress using image processing method", *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 26(2), 661-678.
15. Ezazshahabi, N., Varkiyani, S. M. H., Saharkhiz, S. 2017. "Prediction of Poisson's Ratio of Worsted Woven Fabrics Considering Fabric Extension in Various Directions", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 42, 420-425.

CHAPTER 2

FONKSIYONEL TEKSTİLLER FUNCTIONAL TEXTILES



Textile -Based Soft Robotics

Özgür ATALAY



İstanbul Technical University, Department of Textile Engineering

Abstract:

The field of soft robotics seeks to advance wearable assistive and rehabilitative devices that improve the physical abilities of patients with disabilities. Soft robotics conform to the human body and allow safer human-robot interactions than rigid exoskeletons made of metal due to their adaptable morphologies. Patients with degenerative conditions or those who have experienced pathologies such as stroke, muscular dystrophy, spinal cord injury, or traumatic brain injury frequently lose control and muscle strength in their extremities. If left untreated, these disabilities result in a loss of independence and the ability to perform basic daily activities. Soft wearable robotic devices have risen in popularity over the last decade as an appealing solution for human mobility assistance and rehabilitation. Soft robotic systems are well suited for wearable applications. Unfortunately, despite current research's tireless efforts, the current solutions are bulky, expensive, non-scalable, and have limited portability. As a result, soft robotic assistive devices are incompatible with range of motion assistance and rehabilitation applications and must be used in clinical settings. This limits their use for at-home assistance and rehabilitation during daily activities.

Although the soft robotics area has only recently begun to explore the potential of textiles and textile-based technologies for developing completely wearable soft robotic systems, both disciplines have been conducting research in tandem and independently. The importance of coordinating the activities of roboticists and textile scientists has never been greater. The TEXWEAROTS project is dedicated to realizing the vision of a world in which wearable robots can aid and rehabilitate patients with extremity dysfunctions outside of the clinic and into their daily lives!

Computational Modelling needs and challenges in 3D printed polymer composites

Muammer Koç and Ans AlRashid



Sustainability Division, HBKU, Qatar

Summary

Three-dimensional printing (3DP), also known as additive manufacturing (AM), has rapidly evolved over the past few decades. Researchers around the globe have been putting their efforts into AM processes improvement and materials development. One of the most widely used extrusion-based technology under AM processes is Fused Deposition Modeling (FDM), also known as Fused Filament Fabrication (FFF). Numerical simulation tools are being employed to predict the FFF process complexities and material behavior. These tools allow exploring candidate materials for their potential use in the FFF process and process improvements.

Several studies reported experimental analysis and virtual modeling of different phases involved in the process, however, the FFF process is a complex multi-stage process. The most reported computational work either focused on the material flow inside the liquefier or material behavior after deposition and is not as mature as the experimental literature. Therefore, there is a need for integrated studies considering all these phases of the FFF process (i.e., melt flow behavior inside/outside the nozzle, material deposition, solidification behavior, bond formation, and warpage and residual stresses).

Our research group is working on integral simulation techniques for FFF process to consider effect of geometries, process parameters and material properties. Recently, we performed the 3DP process simulations using Digimat® software for carbon fiber-reinforced polyamide-6 (PA6) composites fabricated via the fused filament fabrication (FFF) process to evaluate the effect of reinforcement content on deflections, warpages, and process-induced residual stresses. The FFF process simulations were performed to fabricate tensile testing coupons with pure PA6 and 10-28% CF-reinforced PA6 composites. A significant impact of CF-reinforcement was observed on the deflections, warpages, and residual stresses. The CF reinforcement significantly improved the 3DP manufacturing performance of PA6/CF composites, with reduced deflections and warpages.

Water-Related Comfort Performance of Knitted Fabrics Treated with Hydro-functional Polymer Finish

KÖROĞLU YATIKÇI, Tuğçe^{1,2}, ÇELİK BEDELOĞLU, Ayşe²

¹Yeşim Research and Development Center (Almaxtex Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.)

²Bursa Technical University, Department of Polymer Materials Engineering

tugce.koroglu@yesim.com, ayse.bedeloglu@btu.edu.tr

KÖROĞLU YATIKÇI, Tuğçe (0000-0002-6834-338X)

ÇELİK BEDELOĞLU, Ayşe (0000-0003-2960-5188)

ABSTRACT

Recently, remarkable efforts have been made to integrate functional polymers into finish agents. High performance and active role in clothing are expected features, especially for sportswear. New generation finishing agents helps to improve liquid transporting and drying rate features of the fabrics for the physical comfort of clothing. In this study, hydro-functional polymer was used as thermoregulation finish agent, in the presence of moisture, the affinity of the polymer for moisture decreases, water diffuses faster and evaporates. The objective of this work was to verify the effect of hydro-functional polymer finish treatment on properties of knitted fabrics in terms of wicking, absorbency, and drying rate. Bleached and undyed 100% cotton and 100% recycle cotton knitted fabrics and scoured and optical brightened 100% polyester knitted fabric were treated with finish application by padding method. Half of the processed samples were washed 5 times to assess the effect of the wash. Based on the results of the measurements, high drying and absorbency rates were identified in the treated fabrics.

PURPOSE

The aim of this study is to investigate the effect of hydro-functional thermoregulation finishing treatment on the comfort issue of the knitted fabrics made of 100% cotton and 100% polyester fibers.

To this end, liquid transport capabilities in terms of absorbency, vertical wicking, and drying rates of fabrics were tested and measured.

INTRODUCTION

A sense of physical, physiological and psychological pleasure can describe the comfort. Humans maintain the body core temperature at a certain level with thermoregulation¹. Thermal comfort is characterized by six primary factors including humidity, air velocity, air temperature, radiant temperature, metabolic rate and clothing insulation². It is significant to determine how clothing contributes to thermal comfort or discomfort as it interfaces between the human body and the external

environment¹. The heat and moisture transfer features of the fabric define the thermal comfort of the garments³. Continuous imperceptible heat and moisture vapor are produced during everyday activity and clothing transfers them from the skin to the atmosphere^{1,4}. When the temperature rises or during exercise, the body sweats to prevent overheating, thus maintaining thermal balance. Sweat accumulated on the skin causes discomfort and if it does not evaporate quickly, the heavy sweating may occur, creating different ailments such as such as post-exercise chill^{1,5}.

Especially for sportswear, it is important to provide thermophysiological comfort with the movement of heat and moisture throughout the textile^{1,5}. Therefore, fluid transport and drying speed are critical components for performance of active sportswear⁶. One of the ways to increase clothing comfort is to treat textiles with moisture management finishes. Finishing is a very common method due to its features such as ease of application and suitable for large-scale production in order to give the desired properties to the fabrics. With the latest developments in smart materials, it has become easier to produce garments that have an additional function in adapting to the temperature changes of environment and physiological changes of the wearer⁷. Stimuli-responsive polymers, shape memory polymers, and phase change materials are important classes of smart polymers for active comfort regulation technology⁷. Stimuli-responsive polymers (SRPs) are a class of functional materials that can change their solubility, dimensions, or conformation in response to a variety of an external stimuli, such as temperature, pH, light, electricity, or moisture¹. The SRPs for the textile applications, can react to the changes in temperature and/or moisture by changing their form and attraction to water at different temperatures¹. When the temperature increase, the interaction between hydro-functional polymer and water weakens, so water disperse faster on the fabric and evaporate rapidly.

In this respect, current research work focuses on determining the fluid transport capabilities and drying rate of fabrics treated with hydro-functional polymer finish and investigating the advantages of hydro-functional thermoregulation finishing treatment.

EXPERIMENTAL

Material

Bleached and undyed 100% cotton and 100% recycle cotton knitted fabrics and scoured and optical brightened 100% polyester knitted fabric samples having single jersey structure were selected for this study. Properties of fabrics used in the study are shown in Table 1.

Method

Half of each fabric group was treated with finishing application, while the other half of the samples were not treated with any finishing application as a control group.

The finishing solution was prepared at concentrations of 60 g/l and applied to fabrics by padding method. The solution bath was adjusted to pH 5-6, fabrics were passed through with a target of 70% wet pickup of chemical solution. After this process, the fabrics were dried at 120 °C.

All test specimens were conditioned at standard atmospheric conditions (21 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ RH) for 24 h in accordance with ASTM D1776 before the tests. Half of the finishing treated samples were washed 5 times at 30 °C for 30 minutes, then they were flat dried to evaluate the wash resistance of the finishing agent.

The tests were carried out in accordance with the relevant test standards: weight of the fabric (g/m^2), ASTM D 3776; thickness of knitted samples, ASTM D1777; absorbency of textiles, AATCC 79; vertical wicking of textiles, AATCC 197.

Coplan and Fourt methods^{5,8,9} was used to determine the drying rate of the fabrics.

Table 1 Properties of fabrics

Fabric Code	Cotton	REC-Cotton	Polyester
Yarn Counts	20/1 compact combed cotton	20/1 recycled cotton	50/48*2 den textured polyester
Mass per unit area (g/m^2)	170 ± 5	185 ± 5	260 ± 5
Fabric Thickness (mm)	0.473	0.515	0.367
Fabric Structure	Single Jersey		

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Samples were tested according to standards to understand after-process performance values. The samples were coded such that the first letter shows the fiber type (C-Cotton, R-Recycle cotton, P-Polyester), the second letter shows the treatment (T-

Treated), and the third one stands for the washing process (W-washed). Fabric weight and fabric thickness test results were shown in Table 2. In the padding method, the fabric is pressed between two rollers, causing the thickness and weight values of the treated fabrics to decrease as given in Table 2. Also, the fabric moves toward the drying cabinets by being held by needles or pins on a pair of chains. By adjusting the distance between the carrier chains in the stenter, the width of the fabric is opened. For this reason, the width of the fabric expands, its weight decreases. In case of washing, the fabric shrinks as it is washed and the weight and thickness of the fabric increases.

Table 2 Fabric weights and thicknesses

Fabric Code	Mass per unit area (g/m^2)	Fabric Thickness (mm)
C	170 ± 5	0.489
C-T	145 ± 5	0.471
C-T-W	180 ± 5	0.650
R	185 ± 5	0.525
R-T	175 ± 5	0.515
R-T-W	200 ± 5	0.663
P	260 ± 5	0.367
P-T	235 ± 5	0.349
P-T-W	260 ± 5	0.374

The test results of vertical wicking of textiles and absorbency of textiles were presented in Table 3. Fabrics treated with finish agent were compared to untreated ones in terms of the wicking distance were recorded at 30 minutes. It is clear that hydro-functional polymer finish has a positive contribution to the wicking distance of the fabrics. Both the widthwise and the lengthwise wicking distance values increased after treatment.

While cotton fabric has appropriate level of wicking distance values, recycle cotton fabric has lower values. As pointed out in Cimilli and Candan study⁵, a suitable channel is required to allow water to pass through. Cotton is recycled from pre-consumer or post-consumer wastes and these fibres are shorter than virgin fibres and have unevenness that make them difficult to spin. Therefore, the wicking distances of recycled cotton fabric are the lowest values because of the lacking proper channels.

After five repeated washing cycle, wicking distances of fabrics increased, as can be seen from Table 3. It can be said that washing process leads to rearrangement of the capillaries of the fabric, results in changes in capillary behavior of the transport capacity^{3,5,10}.

Table 3 Wicking of fabrics and absorbency of

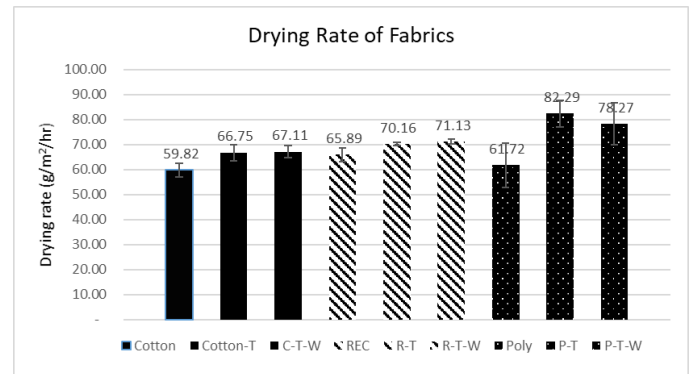
Fabric Code	Wicking (cm) (30 min)		Absorbency (sec)
	Length	Width	
C	12.4±0.2	13.6±0.1	2
C-T	13.3±0.2	15.5±0.1	1
C-T-W	16±0	16±0	0
R	8.1±0.1	9.13±0.1	2
R-T	10.2±0.1	11.6±0.1	1
R-T-W	16±0	16±0	0
P	13.1±0.1	12.3±0.1	2
P-T	15.5±0.2	14.5±0.1	1
P-T-W	16±0	16±0	2

fabrics

As can be seen from Table 3, the water absorbency values of the untreated fabric samples were 2 seconds. The treated fabrics absorb water more rapidly as the water absorbency times were 1 second. After washing cycles, absorbency times decreased to zero second. This may be because the washing process affects the fabric differently in terms of capillaries, pores and fiber surface^{5,10}.

Coplan and Fourt methods^{5,8,9} was used to identify fabric drying rates and the results were presented in Figure 1. 8 cm x 16 cm samples were weighed and immersed in distilled water for 30 minutes. After being removed from the water and suspended in a vertical position for 15 seconds, each side of the samples was laid on drying paper for 2 minutes to remove excess water. The samples were weighed at half-hour intervals while drying proceeded under standard atmospheric conditions (21 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ RH). Average weight loss over the initial water content per unit area per unit hour gives drying rates. According to the results, finishing treatment increases drying rates of fabrics. Washing process slightly increases the drying rate of cotton and recycled cotton fabrics, while it results in a lower drying rate for polyester fabric.

The initial amount of water in a fabric affects the drying rate of the samples⁵. Cotton fabrics absorb more initial water amount, so their drying time was longer than the polyester fabric. Five time washed polyester fabric swells more water than the unwashed polyester fabrics, it causes the higher drying time and lower drying rate. Washing process can remove particles between the fibers and change the capillaries of the fabric, so the washed samples absorb a little more water than unwashed samples.

**Figure 1** Drying rates of the fabrics

CONCLUSIONS

As part of this study, the vertical wicking, absorbency, drying rates of the fabrics were measured to investigate the effect of hydro-functional polymer finish treatment on the water-related comfort performance of knitted fabrics. Tests were applied to the samples in accordance with the ASTM and AATCC standards. The finishing agent used which has a hydro-functional polymer, when it is warm and wet, its moisture affinity decreases, the water spreads quickly and evaporates faster.

Test results demonstrated that finishing application has an effect on the water absorbency time data of the samples; even the untreated fabrics had good absorbance properties. Moreover, higher drying rates and wicking distances have been determined in treated fabrics. Washing process also has a positive contribution to the wicking distance, absorbency, and drying rates of the fabrics.

Briefly, the hydro-functional polymer finishing treatment provides a significant improvement in the liquid transport capabilities of knitted fabrics. Textiles transfer the liquid from the skin rapidly and dry faster, so gives rise to feeling comfort to the user.

SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

In future studies, the determination of moisture management and thermal management properties of the fabrics can be made more detailed by moisture management tester (MMT), sweating guarded hotplate test method, water vapor permeability, thermal conductivity, or thermal resistance. In addition, tests can be performed at different temperatures to study the effect of temperature on the working principle of the hydro-functional polymer. Statistical evaluations can be used to see if there are significant results. The effect can be examined with different yarn types and knitted structures.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This study was carried out by the Almaxtex Textile R&D Center, supported by the Ministry of Industry and Technology of Turkey, with the AGM-S2-P14 project code. The authors are also thankful to the

Council of Higher Education for the YÖK 100/2000 doctoral scholarships granted for Tuğçe Koroğlu Yatkı.

LITERATURE

1. Tabor, J., Chatterjee, K., Ghosh, T. K. 2020. "Smart Textile-Based Personal Thermal Comfort Systems:Current Status and Potential Solutions", *Adv. Mater. Technol.*, 5, 1901155.
2. " The six basic factors". Health and Safety Executive.
<https://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm>, last accessed: 13 March 2022
3. Öner, E., Okur, A. 2014. "Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts", *The Journal of The Textile Institute*, 106:12, 1403-1414.
4. Duru, S.C., 2019. "Water-Related Comfort Properties of Silver-Modified Polyamide Fabrics Treated with Wicking and Antibacterial Finishes", *Clothing and Textiles Research Journal*, 38, 59 - 70.
5. Cimilli Duru, S., Candan, C. 2016. "Wicking And Drying Behaviors Of Knitted Fabrics Produced With Different Poliamide Yarns", *Textile and Apparel* , 26 (3), 280-286.
6. Çil, M.G., Nergis, U.B., Candan C. 2009. "An experimental study of some comfort-related properties of cotton-acrylic knitted fabrics", *Textile Research Journal*, 79, 10, pp.917-923.
7. Korkmaz Memiş, N., Kaplan, S. 2020. Wool fabric having thermal comfort management function via shape memory polyurethane finishing, *The Journal of The Textile Institute*, 111:5, 734-744.
8. Coplan, M.J. 1953. "Some moisture relations of wool and several synthetic fibers and blends", *Textile Research Journal* 23, 897-916.
9. Fourt, L., Sookne, A., Frishman, M.D., Harris, M. 1951. "The rate of drying of fabrics", *Textile Research Journal* 21, 26-32.
10. Cimilli Duru, S., Göcek, İ. 2020. "Assessing water-related comfort performance of knitted fabrics made of rayon microfibers and lyocell fibers for intimate wear", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(3), 220-230.

Comparative Investigation of Yarn and Fabric Performance Properties of Sustainable and Traceable Cotton/Polylana and Cotton/Acrylic Blend Yarns

OKYAY Neslihan ¹, IŞIK Fatih ²

¹ Karacasu Tekstil R&D Department, Kahramanmaraş, Turkey
nes@karacasutekstil.com.tr

OKYAY, Neslihan (0000-0002-8987-6361)
IŞIK, Fatih (0000-0001-9980-8234)

Abstract:

In the textile sector, the range of raw materials has expanded with the increasing customer demands after the 1980s. In this study, yarn and fabric performance properties of sustainable and traceable polylana/cotton were compared with acrylic/cotton blend yarns.

Key words: Polylana, ring spinning technology, sustainable, tracable

Introduction

Synthetic fiber production, which constitutes 80% of the world fiber production in the textile sector has brought environmental concerns and increased the need for sustainable and traceable textile products. Acrylic fiber, with its soft and flexible structure, breathability and warm keeping properties, has been used as an alternative to wool for many years, especially in terms of cost and physical aspects. For this reason, acrylic is widely used in wool-like sweaters, knitted jackets, women's jersey dresses and socks in the textile industry. However, in the textile industry, there is no alternative fiber like acrylic, which can be flexible and economical.

As is generally accepted in the industry, the impact of a material can be calculated by comparing the energy consumption, water consumption and greenhouse gas emissions of different yarns. Acrylics are made from petrochemicals and a large amount of water is consumed during their preparation. For this reason, acrylic is the worst fiber used in the textile industry in terms of environmental load.¹

Acrylics release more microplastics into the environment than polyester during laundry. The amount of fiber released is estimated to be 6 kg per wash with 728,789 fibers for acrylic and 496,030 fibers for polyester.² After acrylics are recycled, the product loses its properties. Polylana® is a fiber that is produced as an alternative to 100% acrylic and wool fibers by using less energy, water and CO₂ during production and consists of 45-55% modified polyester and 55-45% regenerated polyester with a mass percentage. Being economical and environmentally friendly, Polylana® fiber has the

same product properties as acrylic, such as lightness, softness, breathability, good flexibility and warmth. It is an innovative fiber with a wool-like hand and is 100% traceable and recyclable.

As can be seen from the table below, when the environmental impact of 1 kg of undyed fabric is examined, Polylana® fiber compared to acrylic uses 76% less energy, 85% less water, generates 75% less waste, releases 19% less carbon dioxide, 32% less fiber emissions.³

Tablo 1: 1 kg. Boyanmamış Kumaş Üretiminin Çevresel Etkileri

Material	Energy (MJ)	Water (L)	Waste (kg)	GhG (kg CO ₂)
Polyana®	90.7	27.2	0.3	13.6
Akrilik	379	182	1.2	16.9

In this study, which was carried out with the awareness of environmental responsibility, yarn and fabric were produced using 50/50% Polylana/Cotton blend and 50/50% Acrylic/Cotton blends, and their performance values were compared.

Experimental Material

One of the most important factors affecting the yarn properties is the characteristics of the raw material used. In the study, 50% polylana fiber and 50% cotton were used. Again in the scope of the study, 50% of acrylic fiber and 50% of cotton were used. The fineness of Polylana fibers is 1.5 dtex, and the fiber length is 38 mm. The fineness of cotton fiber is 4.5 mic, its length is 30 mm, and its strength is 32 cN/tex. The fineness of acrylic fibers is 1.33 dtex, fiber length is 38 mm.

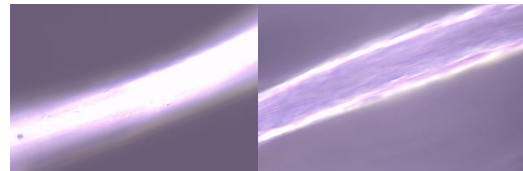


Figure 1: Polylana fiber (left) and Acrylic fiber (right) microscope longitudinal section view

Method

In this study, polyana-cotton fiber blend and acrylic-cotton fiber blends, the technical properties of which are given above, are produced by ring short fiber spinning technology with Ne 22/1 polyana/cotton 50/50 and Ne 22/1 acrylic/cotton 50/50 yarns and their performance tests have been done. Performance tests of the fabric knitted from these yarns were carried out. These performance tests were compared.

Experimental Results/Discussion

In the study, polyana and cotton fiber and acrylic and cotton fiber, whose technical specifications are given above, were subjected to opening, mixing and cleaning processes in the blowroom machine, and then combed in the Rieter C-70 carding machine. Subsequently, the hooks at the fiber ends of the slivers were opened on Rieter draw frame machines and a homogeneous structure was obtained. Afterwards, the rovings produced on the Zinser Z670 roving frame and the yarns spun at a fineness of Ne 22/1 in the Zinser Ring machine with a ring diameter of 46 mm were fixed under pressure at 50-55°C for an average of 30-35 minutes.

These fixed yarns were conditioned for 24 hours at 20+/-2°C temperature 65+/- 5 humidity laboratory conditions, and their yarn strength values were determined in Uster Tensojet-4 device in accordance with TS 245 EN ISO 2062 standards. Evenness (%Cvm) and yarn faults were measured in Uster Tester-6 device using TS 628 standard. Fabrics knitted from these yarns as 100 gr/m have been subjected to pilling test in martindale device with EN ISO 12945-2 standard, moisture transmission test in MMT test device with AATCC 195 standard, acidic and basic sweat fastness test with TS EN ISO 105-E04 standard, contact angle test with TS EN ISO 828 standard.

The unevenness and yarn fault value of the yarn produced on the ring line from Ne 22/1 polyana/cotton 50/50 blend were measured as % CV value 11.55, 200% nepe value 34, and hairiness value 7.76. The yarn produced from the Ne 22/1 acrylic/cotton 50/50 blend on the ring line has an unevenness and yarn fault value of 12.59%, a 200% nepe value of 52, and a hairiness value of 8.99. The strength of the work done with polyana on the Uster Tensojet-4 device was measured as 12.27 Rkm, the %Elongation value was 7.6 and the B-Work value was 7.7 N.cm. The strength of the work done with acrylic was measured as 15.25 Rkm, the %Elongation value was 7.3 and the B-Work value was 8.9 N.cm (Table 1).

Table 2. Comparison of Ne 22/1 Polyana/Cotton 50/50% and Acrylic/Cotton 50/50% Irregularity-Yarn Faults and Strength Values

YARN NE	22/1 Polyana/cotton	22/1 Acrylic/cotton
%Cvm	11,55	12,59
-50%	0	0
50%	18	16
200% NEPS	34	52
Hairiness	7,76	8,99
Rkm (kgf. Ne)	12,27	15,25
Min. Rkm	11,86	14,8
% Elongation	7,6	7,3
B.Work (N.cm)	7,7	8,9

The pilling test results applied in the martindale device with the EN ISO 12945-2 standard to the fabrics knitted from these yarns in the knitting machine as 100 gr/m are as in Table 2.

Table 3. Pilling Test Results of 22/1 Ne Polyana Cotton 50/50% and Acrylic/Cotton 50/50% Fabrics

Number of abrasive rubbing motions	GRADING	
	Polyana/cotton	Acrylic/ cotton
1000	4	4
2000	3	3
3000	3	3
4000	3	3
5000	3	3

As can be seen in Table 2, according to the pilling test results performed in the martindale device with the EN ISO 12945-2 standard, it was observed that there was very light pilling at 1000 cycles on the surface of the fabric where polyana fiber and acrylic fiber were used. It is seen that there is moderate hairiness and pilling at 2000 cycles and that hairiness and pilling do not increase until 5000 cycles. (Figure 1). Moderate hairiness and pilling continued from 2000 to 5000 cycles in both studies because the yarn strengths are not very high (11,86 Rkm and 15,25 Rkm) and the fibers on the fabric surface are easily broken although polyana and acrylic are synthetic fibers.

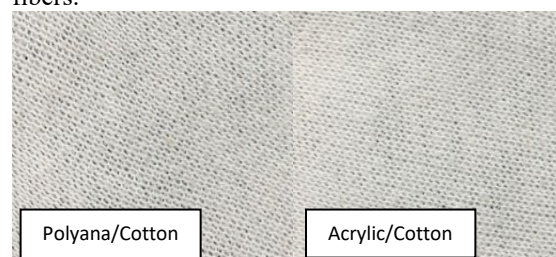


Figure 3: Fabric appearances after 22/1 Ne Polyana/cotton 50/50% and Ne 22/1 Acrylic/Cotton pilling test

Table 4: Moisture Transmission Test Result of 22/1 Ne Polyana Cotton 50/50% and Acrylic/Cotton 50/50% Fabrics

	Yarn Types	
	Polyana/Cotton	Acrylic/Cotton
OMMC	0,77	0,56

As can be seen from Table 3, in the moisture transmission test performed with the AATCC 195 standard, 0.77 OMMC values were measured in the fabric made with Ne 22/1 Polyana/cotton, and 0.56 OMMC values were measured in the fabric made with 22/1 Acrylic/cotton.

Table 5: Acidic/Basic Fastness Test Results of 22/1 Ne Polyana Cotton 50/50% and Acrylic/Cotton 50/50% Fabrics

	Yarn Types	
	Polyana/cotton	Acrylic/cotton
Change in hue (Fading)		
Color Fastness to Acidic Sweat	5	5
Color Fastness to Basic Sweat	5	5

When the acidic and basic sweat fastness tests performed with the TS EN ISO 105-E04 standard are examined, it is seen that the fastness values of both fabrics are “5” and are very good.

Table 6: Contact Angle Test Result for 22/1 Ne Polyana Cotton 50/50% and Acrylic/Cotton 50/50% Fabrics

	Yarn Types	
	Polyana/cotton	Acrylic/cotton
Time (s)	4	4

When the contact angle values of the sample fabrics are examined, it is seen that both studies of the samples are in the same scale and absorb the water before the contact angle is formed.

Results

This study showed that the unevenness values of yarns made with polyana fiber were better than those made with acrylic fibers. Strength values were found to be higher in the study with acrylic. It is predicted that this is the result of the fiber fineness of polyana fibers being 1.5 dtex, the fiber fineness of acrylic fibers being 1.33 dtex and the polyana fiber being composed of modified polyester and recycled polyester. When the B-Work values of both studies are examined, it is seen that it will not pose a problem for knitting machine performances. However, if polyana fiber is desired to be used in the weaving sector, yarn strength and loom performances can be increased by making double-

ply yarn. It has been observed that in the fabric made with both fibers, light pilling and hairiness up to 1000 cycles, moderate pilling and hairiness after 2000 cycles, and both in the same scale at 5000 cycles. According to Martindale results, in both studies, it is predicted that even if synthetic fibers are used, pilling and hairiness problems will not be as much as fabrics made with polyester fiber even in long-term use due to their low yarn strength. As can be seen from the moisture transmission tests, it is predicted that the moisture transfer properties of the fabrics made with polyana fiber are better than the fabrics made with acrylic, and this will prevent the formation of sweat. When the sweat fastness tests are examined, it is seen that the fastness values of both studies are very good and there will be no bleaching, yellowing or fading in the fabrics in sweaty areas. Again, as can be seen from the contact angle tests, it is seen that both studies have the same scale and a hydrophilic structure. The yarn and fabric performance values of this study made with Polyana fiber, although it offers similar properties and qualities with yarn and fabrics produced from acrylic, its environmental footprint is incomparable. By expanding the use of polyana fiber in short fiber technology, it will contribute to 85% reduction in water consumption, 76% energy savings and 19% reduction in carbon emissions. It is predicted that this study, in which sustainable and traceable polyana fiber, which is an alternative to acrylic with its physical properties and wool in terms of physical properties and cost, is used, will pave the way for the literature and start new R&D studies.

Acknowledgments/ Information/Fund Source

We would like to express our endless thanks to Karacasu Tekstil Chairman of the Board Mehmet Arifioğlu, Deputy Chairman of the Board of Directors Deniz Arifioğlu and Burak Orhan Arifioğlu, who provided all kinds of support for our work. This study was carried out with the awareness of environmental responsibility in Karacasu Tekstil R&D Center.

References

1. Foppe Aize Van Der Veen (2017), Environment-friendly modified polyester fiber and preparation method thereof, Patent No: CN107287693A
2. Napper, I.E., Thompson, R.C., Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions, Marine Pollution Bulletin (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>
3. <https://polyana-fiber.com/>

Controlled release of antimicrobial compound from nanofiber PVA films and their antimicrobial activities

BUTUN SENDEL, Sultan¹, GOKER, Gamze², TUNCA, Nilay³, GOKKUS, Kutalmis⁴, BUTUN, Vural⁵

¹Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskisehir, 26480, Turkey, ²Trakya University, Department of Pharmacognosy, Edirne, 22030, Turkey, ³Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Biomedical Technologies Department, Izmir, 35040, Turkey, ⁴Kastamonu University, Department of Environmental Engineering, Kastamonu, 37150, Turkey, ⁵Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir, 26480, Turkey

sultanbutun.sengel@ogu.edu.tr

BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)
GOKER, Gamze (0000-0003-2978-5385)
TUNCA, Nilay (0000-0003-4314-6096)
GOKKUS, Kutalmis (0000-0002-4016-4283)
BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

SUMMARY

In this study, it was aimed to introduce antimicrobial properties to nanofiber films. For this purpose, Ampicillin (AMP) as antimicrobial drug and biocompatible poly(vinyl alcohol) (PVA) polymer matrix were preferred. Bare PVA and drug-conjugated PVA nanofiber films were characterized by SEM, TGA, and FT-IR. The antimicrobial activities of both bare PVA and drug-containing/drug-conjugated PVA films were tested against Gram-positive *S. aureus* ATCC 6538 and Gram-negative bacteria *E. coli* ATCC 8739. The results showed that drug conjugated films were highly effective against bacteria. Therefore, we believe that these films have application potential in many fields such as surface coating, food packaging etc.

PURPOSE

As mentioned above, the aim of this study is to reveal the potential of polymer nanofiber structures against bacteria. To produce the nanofibers, we used electrospinning technique and AMP was introduced to the PVA nanofiber structures via grafting. Thus, PVA nanofibers, which both had antimicrobial properties and could be used easily in many areas, were produced.

INTRODUCTION

Microorganisms can be encountered in any place where life continues. It is known that the number of microorganisms in the world is quite high. Pathogenic microorganisms are included in this number. Infectious diseases are one of the most common diseases worldwide. These diseases occur when microorganisms enter the body and multiply. Antibiotics are a group of drugs used for the

treatment of these diseases and known as an effective method.

Although antibiotics are one of the most frequently used treatment methods against pathogenic microorganisms, the resistance of microorganisms to antibiotics has increased over time [1]. Microorganisms can cause infections in areas such as health products, food packaging, textiles, and water treatment systems and in various ways (contact, inhalation, eating, etc.). Many researchers have sought a solution to this problem by developing new materials and surfaces for protection against bacterial infections [2-5].

Polymers are used efficiently in many fields with their advantageous features such as low thermal-electrical conductivity, flexibility, high strength, easy processing and low cost. Additionally, it can be imparted them to antimicrobial properties. Antimicrobial polymers have become the materials that attract the attention of researchers to prevent bacterial contamination, thanks to their nature-friendly and not increasing the resistance of microorganisms. In recent years, great advances observed in studies in this field. In the studies, various forms of polymeric antimicrobial materials such as nanospheres, tubing, and fibrous structures developed. Nanofibers that can be produced via different methods are generally threadlike structures with diameters ranging from micrometers to nanometers [6].

One of the most preferable technique, electrospinning technique has been heavily serving membrane technology for the last ten years. According to this technique, polymer nanofibers are produced from the polymer solution by means of an electric field. With this technology, both natural and synthetic polymer solutions are used for fiber production. Electrospinning is a versatile, controlled, easy and economical method for obtaining nanofibers from different polymer types. Parameters affecting the electro-spinning process in which submicron-continuous fibers are produced; (i)

solution properties, (ii) process parameters (iii) environmental conditions [7].

Electrospun fibers have high porosity, controllable pore structure and high surface area/volume ratio. In addition, the products obtained by this method can be used directly and allow easy application of chemical modifications such as drug modification. Electrospinning nanofibers have the potential to be used in biomedical, environmental, defense and security, filtration and tissue engineering applications thanks to these interesting properties [8-11].

Different fiber structures can be formed by modifying the electro-spinning parameters as desired. The high surface area and porous structure of nanofibers also allow for drug modification. Antibiotics and antibacterial agents can be easily incorporated into polymeric nanofibers. Parwe and co-workers, in their study, examined the drug release behavior of nanofibers containing the antibiotic ciprofloxacin, used as a model drug, and reported that the drug released from nanofibers effectively inhibited bacterial growth [12].

It is known that certain techniques can extend the shelf life of foods. However, these techniques may be insufficient to prevent pathogenic microorganisms from time to time. Thanks to the antimicrobial packaging system, this situation can be avoided. Similarly, bacterial infections can be caused by microorganisms living on hospital gowns, patient covers, implants, and medical devices etc. Such situations can endanger human health. For these reasons, in the present study, PVA electro-spinning nanofibers were prepared by using an antimicrobial drug AMP to alleviate/eliminate possible infections, and their antimicrobial activities were analyzed. In this study, it was seen that PVA films have the potential to be used in different areas, thanks to the easy applicability of the method used and the fact that drug-conjugated films create strong antimicrobial systems.

EXPERIMENTAL

Material

Bare nanofiber film synthesis, poly(vinyl alcohol) (PVA, 99%, Mw: 130000, Aldrich), 1-hexadecyl trimethyl ammonium bromide (CTAB, 98%, Alfa Aesar) and double distilled water were used. Ampicillin (AMP, Fisher Bioreagent) as antimicrobial drug was used as model drug. N,N'-dicyclohexylcarbodiimide (DCC, 99%, Aldrich) and 4-(dimethylamino) pyridine (DMAP, $\geq 99\%$, Aldrich), 1-Ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC, Sigma-Aldrich), N-hydroxysuccinimide (NHS, $\geq 98\%$, Sigma-Aldrich) were used for the grafting to the drug onto polymer nanofibers. Dimethyl sulfoxide (DMSO, 99.9%, Sigma-Aldrich), ethanol (EtOH, 99.9%, isolab) and acetone (99.5%, isolab) were used as solvent and Gram-positive *S. aureus* ATCC 6538 and Gram-

negative bacteria *E. coli* ATCC 8739 strains to determine antimicrobial activity of the films were used.

Method

Production of Nanofiber PVA films: To prepare bare PVA film, 10 mL 6% (w/v) of PVA solution was prepared by heating at 90°C and then 50 mg CTAB was added into this solution. The mixture was filled in 10 mL syringe and then it was spun by using Inovenso NE200 electro-spinning device with 16.5 kV electrical power, the distance between the collector plate and the needle was 10 cm, using a 21 G needle tip. The solution flow rate was adjusted to 1.0 mL/h. A total of 10.0 mL of solution was collected on the same surface. (Figure 1.) The PVA film was denoted as (1).

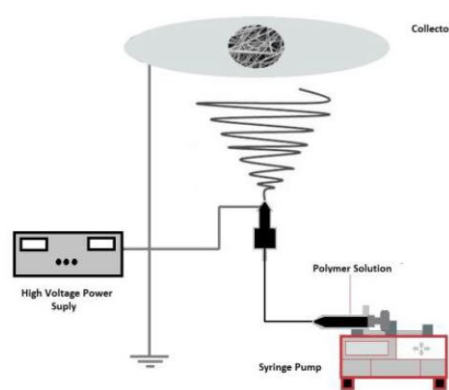


Figure 1. Schematic representation of electro-spinning device.

Drug conjugation on PVA films: In order to conjugate antibacterial drug (AMP) onto PVA film, firstly, 24 mg EDC was added to 8.0 mL EtOH+0.125 mL water solution containing 44 mg AMP. This reaction mixture was stirred at room temperature for 20 min. Subsequently, 22 mg of NHS was added to this mixture and the reaction was allowed to progress for 20 min at RT under constant stirring. Apart from this mixture, 100 mg PVA film was immersed in EtOH solution. This film containing vessel was stirred slowly by magnetic stirrer. Drug containing mixture was added drop-by-drop to the film containing vessel, while stirring was continued. After drug solution was completely transferred in the film containing vessel, the vessel was put on the roller and reaction was continue overnight to complete drug conjugation. The PVA film was washed several times with EtOH and water-EtOH mixture and dried under vacuum (freeze-dryer) to obtain PVA-Ampicillin conjugate. The PVA-APM conjugate was denoted as (2).

Drug containing PVA film synthesis: This film was prepared in the same conditions as the blank PVA film. The only difference is that the drug is added to the 6% PVA solution. The added drug concentration is 0.2%. The PVA/AMP film was denoted as (3).

Drug conjugation of PVA and use in film preparation: Another conjugate was synthesized before PVA film formation. In brief, 88 mg AMP, 52 mg DCC and 46 mg DMAP were dissolved in 8.0 mL DMSO and the mixture was stirred at RT for 2 h constant stirring. Apart from this mixture, 400 mg PVA was dissolved in 4.0 mL DMSO at about 70 °C and then cooled the solution RT. Drug containing mixture was added drop-wise to the PVA solution. Stirring of the total mixture was continued overnight to complete drug conjugation. End of the time, the mixture was precipitated in acetone. Then supernatant was decanted and precipitate washed several times with EtOH and water-EtOH mixture and dried under vacuum (freeze-dryer) to obtain Ampicillin-PVA conjugate. After conjugation, the drug conjugate PVA solution was prepared 6% concentration. Then the solution was spun same condition as bare PVA film. The APM_PVA conjugate was denoted as (4).

Characterization: The prepared films (1-4) were characterized using different techniques such as Scanning Electron Microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) and Thermal Gravimetric Analysis (TGA).

Antimicrobial activity assay: The activity of the Ampicillin loaded/conjugated films was investigated *in vitro* against two Gram-positive *S. aureus* ATCC 6538 and Gram-negative bacteria *E. coli* ATCC 8739 strains using a disk diffusion assay [13]. Briefly, the bacterial isolates solutions were swabbed on an agar plate's surface and the AMP-loaded films were placed on agar.

All four samples were separately labeled as drug-loaded/conjugated films, drug-unloaded film, positive and negative controls, respectively. After the test samples were placed on agar, the plates were incubated for 18-24 h at 37 °C. The concentrations of the reference solution ampicillin were used at 1280 µg/mL with an aliquot of 20 µL.

After 24 h incubation, a clear bacteria-free zone, also known as the zone of inhibition (ZOI), would be found from the samples that have antibiotic activity and the larger size of ZOI indicates a higher potency of the sample. A clear zone of inhibition (ZOI) was observed against *S. aureus*, and *E. coli* for the negative control (normal saline, an aliquot of 20 µL), positive control (ampicillin), drug-loaded films, and drug-unloaded film. Each type of sample was tested in triplicate.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, first of all, blank PVA film was prepared by electro-spraying technique under the optimized conditions mentioned in the method section. SEM images of blank PVA film at different magnifications were shown in Figure 2. The synthesized PVA films appeared to consist of fibers with a size distribution between 150 nm and 200 nm.

Secondly, films containing antimicrobial drugs were prepared with the same technique and conditions bare PVA film. An antibacterial drug, AMP, was chosen as the model drug.

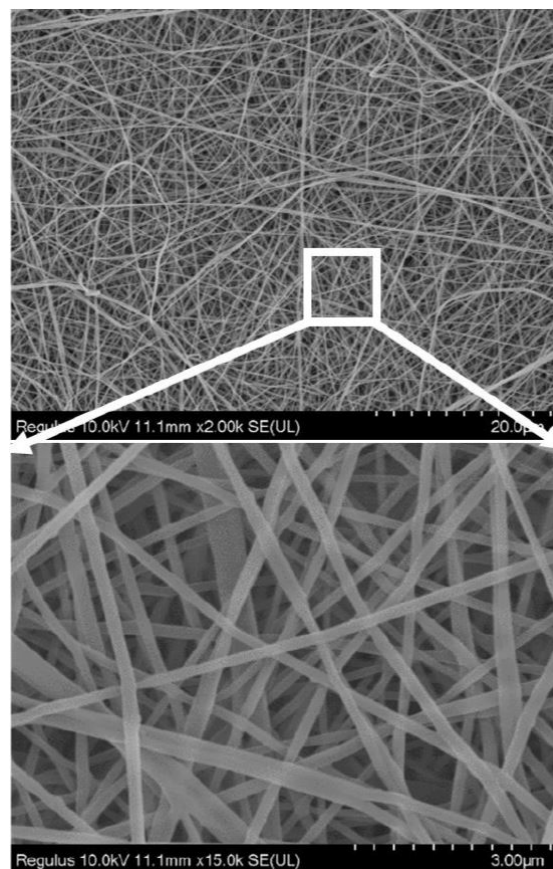


Figure 2. SEM images of PVA film with different magnifications.

This drug was integrated into the PVA film in two ways: (a) AMP was introduced without chemical conjugation to the PVA solution before electro-spinning process and remained in the film network as a result of the physical interaction of the drug with PVA, and then release was realized depending on the nature of the film and the conditions of the environment, (b) AMP was attached to the PVA polymer by esterification reaction and chemically bounded conjugates were prepared. These conjugates were prepared in two different ways as before PVA film formation and after PVA film formation. FT-IR spectrum and TGA results of the all PVA are given in Figure 3 (a, b).

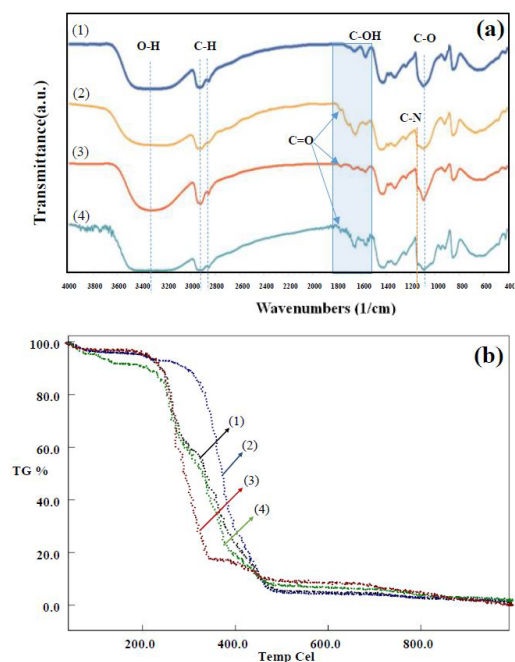


Figure 3. (a) FT-IR spectra and (b) TGA thermogram of bare PVA film (1) and Ampicillin containing PVA films (2-4).

FT-IR analysis was performed to demonstrate the success of the modification of PVA films and all conjugates were analyzed by FT-IR in the 400-4000 cm⁻¹ range. As shown in Figure 3a, the FT-IR spectrum of the PVA blank film (1) showed the presence of the symmetric stretching of C-H and the tension band of the 1093 cm⁻¹ C-O group in the 2920 cm⁻¹ and 2852 cm⁻¹ absorption bands, respectively. The broad peak observed at 3294 cm⁻¹ and the peak at 1423 cm⁻¹ are attributed to the O-H group and the C-OH stretching vibration in the PVA structure, respectively. When we looked at the spectrum of the other films (2, 3, 4), new peaks were seen in addition to the bare PVA film. The FT-IR spectrum of the conjugate film showed a broad absorption band in the range of 3650-3000 cm⁻¹ confirming the presence of AMP N-H and O-H groups. The FTIR spectrum of the conjugated film was revealed by the band C-N stretching at 1130-1140 cm⁻¹, revealing the presence of the band C=O stretching vibration at 1770-1775 cm⁻¹. TGA were used to examine the thermal degradation profile of synthesized films (Figure 3b). The analysis was carried out in N₂ atmosphere at a flow rate of 200 mL/min with a temperature increase of 15 °C/min in the range 30-1000°C. In thermogram, all sample residue was same and about 2% at 980°C. Bare PVA film had two main degradation max at 250°C and 350°C (1). Addition of drug, main degradation profile was changed as the max 290 °C for sample (3) lower than bare PVA. The conjugate film max 365°C for sample (2) higher than bare PVA film. For film (4), max degradation point was 335°C. After the comparison of all samples, it is seen that the thermal resistance of the sample (2), which was conjugated after the

film formation, was higher than the others. Antimicrobial activity of the films was studied by using disk diffusion method as mentioned method section. Figure 4 showed the digital camera image of petri dishes *S. aureus* and *E. coli* threated with the films after 24 h incubation. The activity of the AMP loaded/conjugated films was investigated *in vitro* against *E. coli* and *S. aureus* bacteria with the positive control (AMP), negative control (saline) and blank (bare PVA film). At the end of the 24-hour incubation period, ZOI was measured and the results were averaged, and the graph in Figure 5 was obtained with its standard deviation. Figure 4-5 shows that the observed ZOI against AMP for the positive control was 8 mm for *E. coli* and 10 mm for *S. aureus*, while no sites were observed for the negative control.

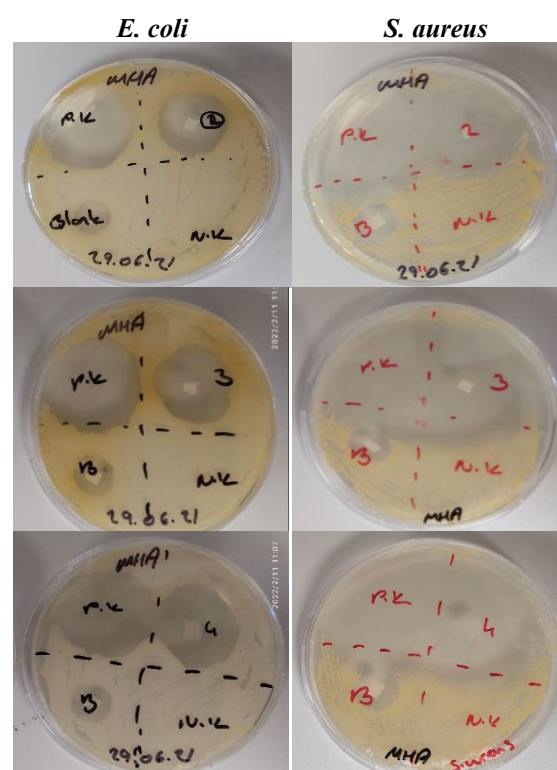


Figure 4. The antibacterial activity by disc diffusion assay using AMP containing PVA films (2), (3), (4) [PK: Positive control, NK: Negative control, B: Blank (bare PVA (1))].

Also, the ZOI obtained for the blank PVA film (1) was 4 mm for both bacteria. For *S. aureus*, no zones of inhibition were observed in the negative control group, while the positive control had ZOIs of 10 mm. ZOIs were measured as 4 mm, 11 mm and 13 mm, 11 mm in films (1), (2), (3) and (4), respectively. For *E. coli*, no zones of inhibition were observed in the negative control group, while the positive control had ZOI of 8 mm, and ZOIs were measured as 4 mm, 5 mm and 8 mm in films (1), (2), (3) and (4), respectively.

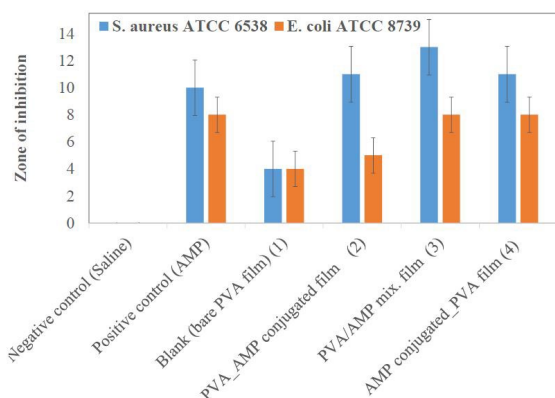


Figure 5. Graphical representation of zone of inhibition observed.

The study results showed that the blank PVA film had little antibacterial activity, whereas clear ZOIs were observed against both bacterial strains of the AMP-containing films, as shown in Figure 4. The study revealed that it showed a greater ZOI against the Gram-positive strain compared to the Gram-negative strain. We can say, all AMP containing PVA films have good antibiotic activity compare the positive control.

CONCLUSIONS

In this study, PVA film was prepared successfully by electro-spinning method using optimized conditions. An antimicrobial drug was conjugated this film. The films were characterized and antimicrobial activity of the films was evaluated by disc diffusion assay against *E. coli* and *S. aureus* bacteria. The antimicrobial activity results showed that drug conjugated films were quite effective, that was, the conjugates had high antibacterial effect. These prepared conjugated systems/films can be used for surface coating, food packaging etc.

SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

The potential usages of synthesized PVA-drug film conjugates in surface coating, food packaging studies will be investigated.

LITERATURE

[1] Kamaruzzaman, N. F., Tan, L. P., Hamdan, R. H., Choong, S. S., Wong, W. K., Gibson, A. J., ... & Pina, M. D. F. (2019). Antimicrobial polymers: the potential replacement of existing antibiotics? *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2747.

[2] Bhandari, V., Jose, S., Badanayak, P., Sankaran, A., & Anandan, V. (2022). Antimicrobial finishing of metals, metal oxides, and metal composites on textiles: a systematic review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 61(1), 86-101.

[3] Zou, X., Zhang, L., Wang, Z., & Luo, Y. (2016). Mechanisms of the antimicrobial activities of graphene materials. *Journal of the american chemical society*, 138(7), 2064-2077.

[4] Ailincail, D., Rosca, I., Morariu, S., Mititelu-Tartau, L., & Marin, L. (2022). Iminoboronate-chitooligosaccharides hydrogels with strong antimicrobial activity for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers*, 276, 118727.

[5] Hong, S. I., Wang, L. F., & Rhim, J. W. (2022). Preparation and characterization of nanoclays-incorporated polyethylene/thermoplastic starch composite films with antimicrobial activity. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100784.

[6] Almetwally, A. A., El-Sakhawy, M., Elshakankery, M. H., & Kasem, M. H. (2017). Technology of nano-fibers: Production techniques and properties-Critical review. *J. Text. Assoc*, 78(1), 5-14.

[7] Ibrahim, H. M., & Klingner, A. (2020). A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications. *Polymer Testing*, 90, 106647.

[8] Khalf, A., & Madihally, S. V. (2017). Recent advances in multiaxial electrospinning for drug delivery. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 112, 1-17.

[9] Barhoum, A., Pal, K., Rahier, H., Uludag, H., Kim, I. S., & Bechelany, M. (2019). Nanofibers as new-generation materials: from spinning and nano-spinning fabrication techniques to emerging applications. *Applied Materials Today*, 17, 1-35.

[10] Saleem, H., Trabzon, L., Kilic, A., & Zaidi, S. J. (2020). Recent advances in nanofibrous membranes: Production and applications in water treatment and desalination. *Desalination*, 478, 114178.

[11]. Haider, A., Haider, S., & Kang, I. K. (2018). A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(8), 1165-1188.

[12] Parwe, S. P., Chaudhari, P. N., Mohite, K. K., Selukar, B. S., Nande, S. S., & Garnaik, B. (2014). Synthesis of ciprofloxacin-conjugated poly (L-lactic acid) polymer for nanofiber fabrication and antibacterial evaluation. *International journal of nanomedicine*, 9, 1463.

[13] Zhu, C., Zhao, J., Kempe, K., Wilson, P., Wang, J., Velkov, T., & Haddleton, D. M. (2017). A hydrogel-based localized release of Colistin for antimicrobial treatment of burn wound infection. *Macromolecular Bioscience*, 17(2), 1600320.

İşletme Şartlarında Mikrokapsül Aplike Edilen Havlu Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması

KOPTUR TASAN, Perinur, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa, YILDIRIM, F. Filiz, ARAS

ELİBÜYÜK, Sultan, DEMİR, Özlem, GELGEÇ, Esra

Ozanteks Tekstil San ve Tic. A.Ş.

perinur.koptur@ozanteks.com.tr

ÖZET

Günümüzde, kullanıcıların konfor ve güvenliğini olumlu yönde etkileyen fonksiyonel özellikli ve katma değeri yüksek tekstil ürünlerine olan ilgi artmaktadır. Bu ürünlere bir örnek de aromatik mikrokapsüller içeren güzel kokulu tekstil ürünleridir. Bu çalışmada doğal yağ içerikli mikrokapsüllerin işletme şartlarında havlu kumaşlara aplikasyonu sağlanmıştır. Doğal yağ olarak aromatik içerikli nane yağı kullanılmış, tekstil kumaşlarına aplikasyon yöntemi olarak da emdirme metodu uygulanmıştır. Mikrokapsül içerikli havlu kumaşlara uygulanan testler ile mikrokapsül aplikasyonunda işletme şartlarının havlu kumaşların fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

AMAÇLAR

Tekstil ürünlerine hoş koku, aroma terapi gibi özellikler kazandırmak amacıyla uygulanan doğal içerikli mikrokapsüllerin, havlu kumaşlara aplikasyonu sonrası havluların fiziksel özelliklerindeki değişimin araştırılması amaçlanmaktadır. Laboratuvar şartlarında uygulanan aplikasyon yöntemlerine oranla işletme şartlarının mikrokapsüllerin kumaş üzerindeki etkinliğinin ölçülmesi hedeflenmiştir.

GİRİŞ

Küresel rekabetin yoğunlaşmasıyla birlikte gelişmiş ülkelerden tekstil üretimi yapan firmalar, yeni teknolojiler veya yeni ürünler geliştirerek küresel pazarın önemli bir bölümüne sahip olmak için rekabet etmektedir. Tüketici taleplerinin çeşitliliği ile birlikte pazar rekabet gücünün artması tekstil sektöründe zorlu bir ortam yaratmıştır.

Günümüzde tekstillerdeki yenilikçi teknolojiler, benzeri görülmemiş işlevlere sahip çok çeşitli kumaşlar sunmayı başarmıştır. Fonksiyonel tekstillerin en yaygın uygulamaları faz değiştiren maddeler, böcek kovucular, antimikrobiyaller, kokular, boyalar ve renklendiriciler, cilt yumuşatıcılar ve nemlendiriciler, bazı ilaçlar ve alev geciktiricilerin kullanımını içerir. Tekstil üreticileri, ürünlerini belirli ve özel işlevlerle farklılaştırmaya çalışmaktadırlar. Araştırmacılar, çok işlevli tekstiller olarak bilinen ürünleri elde etmek için

birçok girişimde bulunmaktadırlar. Fonksiyonel tekstillerin tek kullanımlık olmaması ve kullanımdan sonra yıkanması gerektiği için dayanıklılığını artırmak ve kullanım ömrünü uzatmak tekstil üreticileri için her zaman en zorlu görevlerden biri olmuştur. Bu bağlamda, mikrokapsülleme tekniklerinin tekstillere uzun ömürlü özellikler ve katma değer sağladığı bilinmektedir.

Uçucu yağlar, güçlü bir koku ile karakterize edilen aromatik bitkilerden oluşturulan doğal karmaşık yapılu bileşiklerdir. Genellikle su buharı destilasyonu veya hidro damıtma yöntemiyle elde edilirler. Doğal aromatik yağlar, oksijene, ışıığa, neme ve ısıya duyarlı uçucu maddelerdir⁴.

Nane tüm dünyada gıda, kozmetik ve ilaçlarda kullanılmaktadır. Nananın sivrisinek kovucu, antiviral, antifungal gibi özellikleri literatürde incelenmiştir⁵. Yağın yapısında bulunan limonen, 1958 yılında pestisit, 1971 yılında ise antimikrobiyal olarak tescil edilmiştir.

Aromatik yağların içerdiği bileşenlerin tedavi edici özellikleri ile insan sağlığına pozitif etkileri bulunmaktadır. Nane bitkisinin, gaz söktürücü, bulantı kesici, serinletici, burun açıcı gibi özelliklerinden literatürde bahsedilmektedir. Ayrıca nane yağının içerdiği mentol; kaşıntıya karşı olarak deri hastalıklarında ve ansietik olarak solunum yolu rahatsızlıklarında kullanılmaktadır⁹.

Uçucu yağların stabilitesi mikroenkapsülasyon teknolojisi kullanılarak artırılabilir. Normal şartlarda uçucu yağlar dış etkenlerden olumsuz etkilendikleri için içerdikleri özelliklerin etkileri kısıtlanmaktadır. Bu nedenle yağların uçucu özelliklerini azaltabilmek, uzun süreli kullanımlarını arttırabilmek adına çekirdek malzeme olarak uçucu yağların kullanılması ile doğal yağ içerikli mikrokapsül üretimleri yapılmaktadır.

Farklı tür maddeler farklı pek çok amaç için mikrokapsüllenebilmektedir. Koku maddesinin mikrokapsüllenmesindeki amaç onu uygun olmayan çevre koşullarına karşı korumak, kontrollü ve yavaş salınımını sağlamaktır¹. Koku maddeleri uçucu özelliklerinden dolayı tekstil materyaline direkt

olarak applike edilememektedir. Bu maddeler ısı, nem ve diğer dış etkenler nedeniyle buharlaşarak uzaklaşmalarını önlemek, kokunun uzun süre kullanılması ve yavaş salınımı amacıyla polimerik duvar materyali içerisine kapsüllenmektedirler^{6,10}.

Mikrokapsül uygulaması ile fonksiyonel özellik kazandırılan ürünlerin fiziksel özelliklerinin olumsuz yönde değişimi istenen bir durum değildir.

Bu çalışmada, aromatik mikrokapsüllerin üretimi ve kumaşa uygulaması çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Üretilen mikrokapsüllerin işletme şartlarında emdirme yöntemi ile pamuklu kumaşlara uygulaması sağlanmıştır. Uygulama sonrası müşteriler tarafından da en çok talep edilen fiziksel testler yapılarak havlu kumaşlar analiz edilmiş ve fiziksel özelliklerindeki değişim araştırılmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışmalarda çekirdek malzeme olarak nane yağı kullanılmıştır. Duvar malzemesi olarak arap zıncı, yüzey aktif madde olarak da Triton-x kullanılmıştır. Mikrokapsüllerin tekstil ürününe uygulamasında %100 pamuklu havlu kumaş ve binder olarak Tanapur One (Tanatex) kullanılmıştır.

Yöntem

Mikrokapsüllerin üretimi 5 L kapasiteli çift cidarlı reaktörde mikroemülsiyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çift cidarlı reaktör içerisindeki nane yağı içerikli mikrokapsül çözeltisi

Mikrokapsüllerin havlu kumaşlara uygulama uygulaması ramöz makinesinde 130°C'de 12 m/dk ile yapılmıştır.

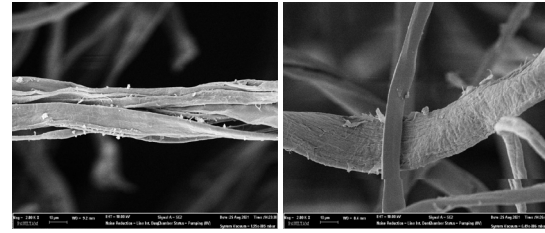
Havlu kumaşlara, mikrokapsüllerin kumaş üzerindeki varlığını tespit edebilmek için SEM analizi, su emiciliği için AATCC 79 standardına göre hidrofilite testi, ISO 150-C06 standardına yıkama haslığı testleri gerçekleştirilmiştir. Mikrokapsüllerin yıkama sonrası kumaş üzerindeki kalıcılıklarının ölçülebilmesi için

ISO 6330 evsel yıkama ve kurutma prosedürü kullanılmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

İşletme şartlarında mikrokapsüllerin uygulaması sonrası kumaşların analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Mikrokapsüllerin kumaş üzerindeki varlığını tespit edebilmek için SEM analizi yapılmıştır. Şekil 2'de mikrokapsül içerikli havlu kumaşların yıkamasız ve 10 yıkama sonrası SEM görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 2. Nane yağı içerikli mikrokapsüllerin işletme şartlarında emdirme yöntemi ile applike edildiği, yıkamasız (solda) - 10 yıkama sonrası havlu (sağda) kumaşların SEM görüntüleri

Mikrokapsül içerikli havlu kumaşların su emicilikleri AATCC 79 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Test sırasında kumaş yüzeyine damlatılan su damlaları 1 saniyeden daha kısa bir sürede (yüzeye damlar damlamaz) kumaş tarafından emilmiştir. Mikrokapsül içerikli havlu kumaşların yıkama haslıkları ISO 150-C06 testine göre analiz edilmiştir. Sonuçlar Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Mikrokapsül içerikli havlu kumaşların yıkama haslığı değerleri

	Yıkama Haslığı Testi (ISO 105-C06)					
	Yün	Akrilik	Polyester	Naylon	Pamuk	Asetat
Nane kapsül	5	5	5	5	5	5

GENEL SONUÇLAR

Literatürde, mikrokapsüllerin tekstil ürünlerine uygulaması ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğu laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada ise nane yağı içerikli mikrokapsüller işletme şartlarına uygun olacak şekilde yüksek miktarda üretilmiş ve mikrokapsüllerin havlu kumaşlara uygulaması ramöz makinesinde yapılmıştır.

Yapılan üretim denemelerinde hedeflenen küresel yapıya sahip mikrokapsüllerin varlığı SEM görüntüleri ile kanıtlanmıştır (Şekil 2). Üretilen mikrokapsüllerin applike edildiği kumaşlara ait yıkanmamış ve 10 kez yıkanmış kumaşların SEM analizleri incelendiğinde, mikrokapsüllerin varlığı kumaş yapısında 10 kez yıkama sonrası ispatlanmıştır.

Literatür kaynakları ve müşteri taleplerine göre AATCC 79 hidrofilite test sonuçlarında kumaşların suyu emme süresinin 5 s'nin altında olması kumaşın su emiciliğinin iyi olduğu anlamına gelmektedir. Bu referans değer dikkate alınarak mikrokapsül uygulamasının kumaşların hidrofilitesini olumsuz yönde etkilemediği ve kumaşların hidrofilitesini koruduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 1 incelendiğinde de tüm kumaşların yıkama haslıklarının geçer değerlerde olduğu ve mikrokapsül uygulama prosesinin kumaşların renk haslıgını olumsuz etkilemediği tespit edilmiştir.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi tarafından, TÜBİTAK 3190195 proje numarası ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, 119C070 nolu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı Projesi kapsamında sürdürülebilir ürünler geliştirilmesine destek vermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Aydın, N. Öztürk, G., Karaboyacı, M., Alay, S. 2011. "Koku İçeren Mikrokapsül Uygulanmış Akrilik El Örgüsü İpliklerden Örülen Kumaşların Karakterizasyonu". Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15-1, 67-74.
- [2] Ertürk, R. Çelik, C. 2010. "Ticari Olarak Satılan Kekik ve Nane Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Aktiviteleri", Cumhuriyet Tıp Dergisi, 32, 281-286.
- [3] Ghayempour, S. Mortazavi, S. M. 2014. "Antibacterial Activity of Peppermint Fragrance Micro-Nanocapsules Prepared with a New Electrospraying Method", Journal of Essential Oil Research, 26, 492-498.
- [4] Goto, M. Sato, M. & Hirose, T. 1993. "Extraction of peppermint oil by supercritical carbon dioxide", Journal of Chemical Engineering of Japan, 26(4), 401-407.
- [5] Kayahan, E. Aksoy, K. & Önem, E. 2013. "Microencapsulation of Peppermint Oil by the Complex Coacervation of Chitosan and Sodium Alginate for Antibacterial Applications", In 13th Autex World Textile Conference, Germany (pp. 1-5).

[6] Kebapçı, K. 2012. "Kokulu Mikrokapsüller", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Kimya Anabilim Dalı, Isparta.

[7] Li, S., Lewis, J. 2008. "Effect of Finishing Methods on Washing Durability of Microencapsulated Aroma Finishing", Institute of Textile Technology, North Carolina State University, 99, 177-183.

[8] Liakos, I., Rizzello, L. 2013. "All-Natural Composite Wound Dressing Films of Essential Oils Encapsulated in Sodium Alginate with Antimicrobial Properties", International Journal of Pharmaceutics, 463, 137-145.

[9] Özgün, N. 2015. "Nane Uçucu Yağının Siklodekstrinler ile Mikroenkapsülasyonu", Yüksek Lisans Tezi", Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.

[10] Rodrigues, S.N., Fernandes, I., Martins, I.M., Mata, V.G., Barreiro, F., Rodrigues, A. E. 2008. "Microencapsulation of Limonene for Textile Application", Industrial & Engineering Chemistry Research, 47, 4142-4147.

ORCID numaraları:

KOPTUR TASAN, Perinur (0000-0001-9052-1763)
YILDIRIM, F. Filiz (0000-0003-3490-8538)
DEMİR, Özlem (0000-0003-1505-2164)
ÇÖREKÇİOĞLU, Mustafa (0000-0001-7976-6049)
ELİBÜYÜK, Sultan ARAS (0000-0002-1866-6332)
GELGEÇ, Esra (0000-0001-7999-5757)

Development of Acoustic panel fabric by sound absorbtion, flame retardancy and stain resistance

TORSUN, Mahir¹, GÜLEÇ, Emrah²

^{1,2}Kadifeteks Mensucat San. A.Ş.

mtorsun@kadifeteks.com

ABSTRACT

Noise negatively affects people physiologically and psychologically, and quality of life decreases in noisy environments. In terms of work efficiency, it is known that 60% of the office staff and 35% of the physical workers, and some faulty productions are caused by noise. Work accidents, which are directly or indirectly due to noise, are another dimension of the event. The use of acoustic elements and the design of new materials that can perform better have become important in line with the regulations on increasing noise pollution, as well as the increasing comfort demands of people and the need to control the sound in terms of human health.

Sound-absorbing, flame-retardant acoustic fabrics will be designed and produced without deteriorating the visuality of durable and aesthetic fabrics produced by Kadifetek. Noise occurring in closed environments is often dominant in a specific frequency range.

High absorbency in the entire frequency range requires the fibrous material to be heavy and thick. With the elimination of a scientific and technological uncertainty by developing fabrics that provide sound absorbing at the desired frequencies, which are not known in the literature, a fabric design method with the highest level of absorbency yarn and fabric knitting has been developed from Polyester Acrylic and Polypropylene materials with the desired absorption value and at the frequency requested by the customer. With qualified products, it is aimed to reduce foreign dependency in the domestic market and to increase competitiveness in foreign markets.

The developed products were evaluated by performing international acoustic tests, flame retardancy tests and other physical tests.

PURPOSES

It is aimed to produce flame retardant and easy-to-clean acoustic fabrics that can pass the acoustic tests requested by our customers.

Most of the fabrics with acoustic properties are imported from abroad. After these products are supplied

with domestic means, it is aimed to create added value by importing them abroad.

INTRODUCTION

Acoustic features

Sound is a form of energy that propagates in waves and is defined as the pressure change in air, water or similar medium that can be perceived by the ear. Sound is an objective concept and its existence does not change from person to person. [7].

Today, acoustic insulation has become very important due to industrial and environmental noise. This type of acoustic insulation materials and acoustic damping systems are frequently used in the defense industry, where acoustic privacy is also important, as well as in sectors such as housing, automotive, and white goods where acoustic properties are important[1,2].

Multilayer structures with solid, liquid and porous properties are used for insulation purposes in various engineering applications[3,4,5].

The problem of sound transmission through the coated panel structure has been extensively studied in the literature. Most of these theoretical and experimental studies have been evaluated in structures consisting of two layers, where porous structures are not used and the sound wave is perpendicular to the surface[6].

However, materials in which multi-layer porous structures are used instead of a single layer have been evaluated to obtain superior sound insulation performance in a wide frequency range in residential insulation.

Sound measurement parametres

Basically, three parameters play a role in the definition of sound and especially in sound measurements. These are sound pressure, sound power and sound intensity.

Sound pressure and sound level

Since sound is perceived by changing the pressure of the air in contact with the eardrum, the sound pressure

created at a certain point is more important than the sound power of a sound source.

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (dB)$$

It is defined as the sound pressure level. Here, p is the square root of the mean value of the sound pressure (rms value), and p_0 is 20 micropascals, which is accepted as the international reference pressure. The reason for choosing 20 micropascal value; A pressure of at least 20×10^{-6} Pa is required for an average young adult to hear a sound wave with a frequency of 1000 Hz. Therefore, the threshold of hearing at 1000 Hz was taken as reference. The reason for using the ratio of the squares of the pressures, not the pressures, in the definition of the sound pressure level is because the unit dB is often used for power ratios, and the power is proportional to the square of the pressure[7].

Sound force and sound force level

The power of the sound energy emitted by a sound source is called the sound power or acoustic power, and the level of this power is called the sound power level. According to this definition, the sound power level of a source with W can be determined from the equation.

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (dB)$$

Here, 10^{-12} W is the international reference power. The sound power of a machine is the sound radiated portion of the total power of the machine and is very small relative to the total power.

$$W = 10^{-12} \times 10^{\frac{L_W}{10}} \quad (Watt)$$

The sound power level of a known source can be found from the relation[7].

Sound volume and level of sound volume

Another feature of a sound that changes depending on the acoustic and geometrical properties of the environment where the source is and the distance from the source is the sound intensity[7].

It is difficult to measure sound intensity, but the difference between sound intensity and sound pressure is valid for planar waves and for other wave types provided that they are far from the source.

Starting from this relation, the sound intensity in the dispersed and free space is proportional to the square of the sound pressure.

it is concluded that. The reference value is taken as 10^{-12} (W/m²).

Sound absorbance index

The ratio of the sound energy absorbed on a surface to the total sound energy incident on that surface is called the sound absorption coefficient of the surface. The sound absorption coefficient is generally a function of the wave angle incident on the material surface. The sound absorption coefficient, indicated by a , can take values between 0 and 1.

$a=0$ fully reflective surfaces; If $a=1$, it indicates surfaces that absorb all of the sound energy. The sound absorption coefficient of a surface varies depending on the properties of the material, its thickness and frequency. The value obtained by multiplying the area of a surface by the sound absorption coefficient of that surface is called the sound absorption of the surface and its unit is Sabin[7].

Sound transmission loss

Sound transmission loss is a property of a material that gives its sound insulating capacity in dB.

Repellency features

Water/Stain repellency and easy repellency application

In the water repellency finishing process, the aim is to create a thin hydrophobic membrane on the surface of the fibers, creating a low energy surface on the material or product to provide resistance against water molecules.

Since the fabric pores are not closed in the water-repellent finishing process, skin respiration and sweat transfer are not adversely affected. Since water-repellent chemicals are attached to the fabric by mechanical means, they are damaged during washing and dry cleaning processes and their effects are reduced. While the hydrogen bonds of the fabric provide strength, thermal resistance or resistance to dry cleaning, they cause the fibers to absorb water easily. It is necessary to form covalent bonds between the fibers and the water-repellent chemicals to ensure a permanent water-repellent effect. In order for the textile surface to show water repellency, the contact angle must be more than 90 degrees.[8]

Applications made by treating the surface or body covered by the textile product with different finishing materials to protect it from water are called water repellency finishing. While these processes completely preserve the appearance and permeability of the fabric, they give it water repellent properties. The water-repellent finishing process allows the passage of water vapor from the fabric surface by

forming a hydrophobic and porous film layer without dissolving on the fabric surface. Applications made by treating the surface or body covered by the textile product with different finishing materials to protect it from water are called water repellency finishing. While these processes completely preserve the appearance and permeability of the fabric, they give it water repellent properties. The water-repellent finishing process allows the passage of water vapor from the fabric surface by forming a hydrophobic and porous film layer without dissolving on the fabric surface.[9]

Wetting of a flat surface by a liquid is purely physical and can be explained simply physically. But the heterogeneity of the textile fiber, the complex nature of the fiber content and the construction of the textile surface make it difficult in practice to predict whether the textile surface can be wetted by a liquid. Another important variable is the temperature of the liquid, because as the temperature of the liquid increases, the surface tension decreases. In addition, the presence of surfactants, albeit in very low amounts, lowers the surface tension of water. According to classical thermodynamic theory, for a solid to be wetted by a liquid, the free energy in the system must decrease.

If the sum of energy between the surfaces decreases, the liquid in contact will spontaneously wet the solid. In order for the liquid to penetrate the solid by itself, the work that must be done must be positive. This is achieved by the fact that the surface energy of the solid in contact with the air is greater than the surface energy of the liquid. The work required to hold the contact solid and liquid together depends on their attraction to each other. With the disappearance of the solid-liquid interface, the surface tension is also lost. This causes the formation of two new surfaces, solid air and liquid air[3].

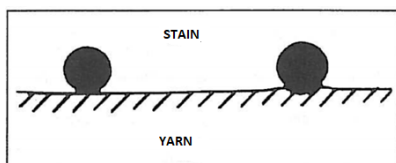


Figure 1. Relation of stain and yarn

Wetting of textile materials is defined as the displacement of the fiber/air interface with the fiber/liquid interface, and wetting is a prerequisite for capillary wetting, which is defined as the spontaneous (simultaneous) transfer of liquid within the fiber mass under the action of capillary forces. In a complex capillary system, fluid transfer can be counted as a capillary wetting process, or this phenomenon is called 'capillary penetration'. High contact angle values

indicate poor wettability, low angles indicate good wettability.

Wetting of textile materials is defined as the displacement of the fiber/air interface with the fiber/liquid interface, and wetting is a prerequisite for capillary wetting, which is defined as the spontaneous (simultaneous) transfer of liquid within the fiber mass under the action of capillary forces. In a complex capillary system, fluid transfer can be counted as capillary wetting, or this phenomenon is called 'capillary penetration'. Partial wetting when the liquid surface tension is greater than this critical tension; when it was small, he stated that it was completely wet[5].

There are many constraints and limitations in the experimental measurement of critical surface tension. It is possible to determine the critical surface tension with various approaches used to determine the wetting behavior of the fibers. These methods are Zisman graph, Wu equation, Fowkes theory, Kaelbeh method and Wilhemly method.[10]

The preparation processes, known as pre-treatment processes, are the preparation stages for the dyeing and finishing processes that the textile products will see later. In these processes, the product is given its properties by using various chemical substances. Fabrics produced from staple or continuous fiber can be water repellent. However, yarns produced with staple fibers need to be twisted well because if the fiber does not adhere well to the yarn, the fabric to be woven becomes hairy and adversely affects water repellency.

Chemicals used for water repellency can also be used as dirt repellants. Because liquid dirt substances (sauce, juice, coffee, etc.) remain on the surface of the fabric and can be easily wiped. A liquid wets a solid surface if the surface tension of the liquid is lower than the critical surface tension of the solid.[11]

Flame retardancy features

Combustion

It is an interaction that needs heat, oxygen and suitable fuel components. Combustion continues until oxygen, fuel source or heat is consumed. Combustion produces light and heat.

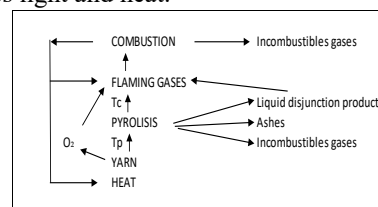


Figure 2. Combustion of textile yarns[12]

When heat is supplied, the temperature of the fiber begins to increase until it reaches the pyrolysis temperature (T_p). At the pyrolysis temperature, chemical changes occur in the fiber and non-combustible gases (such as carbon dioxide, water vapor, nitrogen and sulfur oxides), carbonization residues, liquid condensates and combustible gases (carbon monoxide, hydrogen and many oxidisable organic molecules) are formed. As the temperature continues to rise, the liquid decomposition products also pyrolysis, producing more non-combustible gas, ash, and burning gas. When the combustion temperature (T_c) is reached, the phenomenon we call combustion, which consists of a series of free radical reactions in the gas phase and occurs when the burning gases combine with oxygen, takes place. These reactions are highly exothermic and produce enormous amounts of light and heat. The heat provided by the combustion process provides the additional thermal energy required to continue the pyrolysis of the fiber and hence the release of more combustion gases for the combustion process[1].

Combustion behavior is also affected by factors such as the nature of the ignition source and the time it hits the fabric, fabric orientation, ignition point (edge, face, bottom or top of the fabric), ambient temperature, relative humidity, air flow rate, and fabric structure, as well as fiber type and fiber blends. . In addition, in studies on the effect of yarn structure and geometry on combustion behavior, it is stated that different yarn twisting methods cause different burning resistance in yarns[2]

Mechanisms of Flame retardancy

Many ways have been tried to break the burning cycle of textiles. One of these ways is to use materials that can thermally decompose as a result of strong endothermic reactions inside the fiber. If sufficient heat can be absorbed as a result of these reactions, the pyrolysis temperature of the fiber will not be reached and combustion will not occur. Examples of this method are aluminum hydroxide, aluminum trihydrate and calcium carbonate.

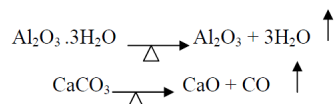


Figure 3. Endothermic degradation reactions[1]

Another approach is to use an insulating layer surrounding the fiber at temperatures below the fiber pyrolysis temperature. Boric acid and its hydrated salts

are examples of this approach. When these compounds are heated, they give off water vapor. In this way, they make the fiber surface glassy and reduce the contact of the fiber with air, giving it a flame-retardant effect.

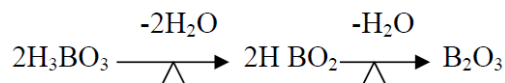


Figure 4. Glassy surface

The third way to achieve flame retardancy is to change the pyrolysis mechanism to produce less burning volatile matter and more ash. This dense structure mechanism is seen in flame retardants containing phosphorus. As a result of cross-linking of phosphoric acid formed during thermal decomposition with polymers containing hydroxyl groups, less flammable products are released. The fourth way used to prevent combustion is to create free radical reactions that provide the necessary heat for the continuation of the process. Halogen-containing compounds, which are given as an example, capture the OH radicals formed during pyrolysis, ensure their rapid oxidation and reduce the heat required for combustion[12]

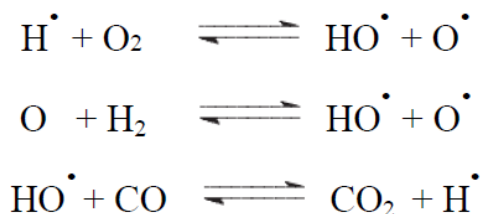


Figure 5. Free radical combustion reaction[1]

Chemicals of flame retardancy

The most important flame retardants can be classified into three categories. These are basic flame retardants based on phosphorus and halogens, synergistic substances that have a small amount of flame-retardant effect when used alone, increase their effectiveness when used with basic flame-retardant substances (such as the use of phosphorus with nitrogen, halogens and antimony), and flame retardant substances that reveal their activity through physical effects (borate). , aluminum trihydrate, calcium carbonate) [12,13,14].

EXPERIMENTAL

Material

Polyester, Acrylic and Polypropylene fiber and fabric were used.

Method

The reverberation chamber acoustic value determination was made by an accredited institution.

Experiments

Reverberation room

ISO 354 is an acoustic test method. In these tests, the acoustic performances of the fabrics were measured under certain conditions and the results could be expressed numerically. ISO 354 is used to simulate textiles used in home textiles.

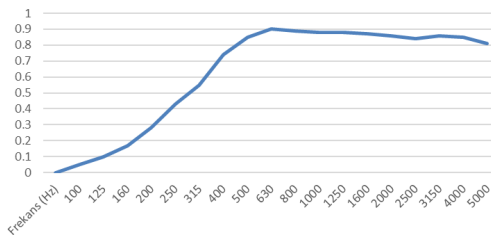
RESULTS

Acoustic performance

In this method, as stated in Table 1, the sound parameters change from low frequency to high frequency and it is expressed at what rate the sound waves that the sample is exposed to are absorbed.

Table 1. ISO 354 fabric test result

	ISO 354
Frequency (Hz)	Sample
100	0.05
125	0.10
160	0.17
200	0.28
250	0.43
315	0.55
400	0.74
500	0.85
630	0.90
800	0.89
1000	0.88
1250	0.88
1600	0.87
2000	0.86
2500	0.84
3150	0.86
4000	0.85
5000	0.81



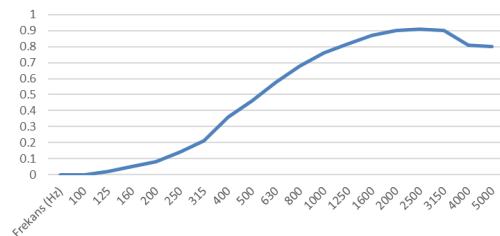
Graph 1. ISO 354 test result

Assesment of acoustic test result

Table 2. ISO 354 E acoustic test result

	ISO 354
Frekans (Hz)	Lazio Velvet-E
100	0.00
125	0.02
160	0.05
200	0.08
250	0.14
315	0.21
400	0.36
500	0.46
630	0.58
800	0.68
1000	0.76
1250	0.82
1600	0.87
2000	0.90
2500	0.91
3150	0.90
4000	0.81
5000	0.80

As the results, fabric sample is able to absorbe sound with high frequency values. It shows that created surface allow to use on acoustic panels or another interior/outdoor needs.



Graph 2. ISO 354 test result

Repellency performance

In the test, operations were carried out according to 3 types of stain sources.

Stain A type

- A few paper towels are sufficient to clean the coke (50ml) stain. After pouring the coke onto the fabric and waiting for 5 minutes, it is cleaned with paper towels.

Stain B type

- 50ml of water and a paper towel are sufficient to clean the fruit juice (50ml) stain. The juice is poured onto the fabric and left for 5 minutes. Then it is cleaned with water and paper towels.
- 50ml of water and a paper towel are sufficient to clean the red wine (50ml) stain. Red wine is poured onto the fabric and left for 5 minutes. Then it is cleaned with water and paper towels.
- 25ml of water, a spoon and a paper towel are sufficient to clean the ketchup (8.2gr) stain. Ketchup is poured onto the fabric and left for 5 minutes. After 5 minutes, the ketchup on the fabric is taken with a spoon. The stain is treated with 25 ml of water. With the tip of the finger, oval cleaning movements are made on the fabric 10 times in a clockwise and counterclockwise direction. Then it is cleaned with a paper towel.
- 25ml of water, a spoon and a paper towel are sufficient to clean the mayonnaise (8.2gr) stain. Mayonnaise is poured onto the fabric and left for 5 minutes. After 5 minutes, the mayonnaise on the fabric is removed with a spoon. The stain is treated with 25 ml of water. With the tip of the finger, oval cleaning movements are made on the fabric 10 times in a clockwise and counterclockwise direction. Then it is cleaned with a paper towel.

Stain C type

- Water (25ml), classic hand soap and microfiber cleaning cloth are sufficient to clean the tea (50ml) stain. Hot tea is poured onto the fabric and left for 5 minutes. Then water is poured onto the stain and the stain is treated with hand soap. Cleaning is finished with a microfiber cleaning cloth.
- 50ml of water, spoon, hand soap, paper towel and microfiber cleaning cloth are sufficient to clean the stain of pasta sauce (8.15gr). The sauce is poured on the fabric and after waiting for 5 minutes, the top sauce is scraped off with a spoon. 25 ml of water is poured into the stain and rubbed with the tip of the finger 10 times clockwise and counterclockwise. It is cleaned with a paper towel. If the stain is still visible; This time, after pouring 25 ml of water, the stain is treated with soap. Cleaning is finished with a microfiber cleaning cloth.
- 50ml of water, spoon, hand soap, paper towel and microfiber cleaning cloth are sufficient to clean the chocolate (7.3gr) stain. The chocolate is poured onto the fabric and after waiting for 5 minutes, the top chocolate is scraped off with a spoon. 25 ml of water is poured into the stain and rubbed with the tip of the finger 10 times clockwise and counterclockwise. It is cleaned with a paper towel. If the stain is still visible; This time,

after pouring 25 ml of water, the stain is treated with soap. Cleaning is finished with a microfiber cleaning cloth.

- 25ml of water, hand soap and a microfiber cleaning cloth are sufficient to clean the ballpoint pen stain. Scribble 50 times left and right on the fabric with a ballpoint pen and after 5 minutes, 25 ml of water is poured onto the stain. Afterwards, the stain is treated with hand soap. Cleaning is finished with a microfiber cleaning cloth.
- Evaluation; After cleaning the stains are evaluated. This evaluation is made visually according to a certain scale with 3 observers. The average of 3 people is taken. This measurement is as follows;

- 5 stains are completely cleaned,
- 4Stain very little visible,
- 3Stain is visible or partially removed,
- 2Stain visible,
- 1Stain is very obvious.

Table 3. Stain types and repellency performance

	trial	observer1	observer2	obsrever3	average
coke	1	5	5	5	5
cherry juice	1	5	5	5	5
red wine	1	5	5	5	5
ketchup	1	5	5	5	5
mayonnaise	1	5	5	5	5
black tea	1	5	5	5	5
pasta sauce	1	5	5	5	5
chocolate	1	5	5	5	5
ball point pen	1	5	5	5	5

When we evaluate the results of the tests, successful results have been obtained in producing a fabric that meets the expectations in terms of acoustics, catches fire late and is easy to clean.

Based on these results, it seems possible to use the developed acoustic textiles in noise environments.

RESOURCES

1. Skinner, C., Peters, J., Vandenbroeck, J., Acoustic Absorbers A Third Way For the Management of Sound in Automobiles, International Urethanes Technology Conference, 2006.
2. Wareing, A., Acoustic Modeling of Rooms with Extended-Reaction Surfaces, PhD. Thesis, University of British Columbia, Columbia, 2000.
3. Abid, M., Abbes, M. S., Chazot, J. D., Hammemi, L., Hamdi, M. A., Haddar, M., Acoustic Response of a Multilayer Panel with Viscoelastic Material, *International Journal of Acoustics and Vibration*, cilt. 17, no. 2, sf. 82-89, 2012.

4. Biot, M. A., Theory of Propagation of Elastic Waves in a Fluid-Filled Saturated Porous Solid, *The Journal of the Acoustical Society of America*, cilt. 28, no. 2, sf. 168-191, **1956**.
5. Thomson, W. T., Transmission of Elastic Waves Through a Stratified Solid Medium, *Journal of Applied Physics*, cilt. 21, no. 2, sf. 89-93, **1950**.
6. Tadeu, A., Ant3nio, J., Mateus, D., Sound Insulation Provided by Single and Double Panel Walls, *Applied Acoustics*, cilt. 65, no. 1, sf. 15-29, **2004**.
7. 3zg3ven, N., 1986: End3striyel G3r3lt3 Kontrol3. TMMOB Makine M3hendisleri Odası, Ankara.
8. Holme, I. 2003. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing: Introduction to waterproof and water repellent textiles, Ed: Williams, J., Woodhead Publishing, pp: 3-24
9. Akalın, M. 1994. Tekstilde Bitim İşlemleri, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fak3ltesi Tekstil Eğitimi B3l3m3, Ders Notları, İstanbul.
10. Mazloumpour, M., Malshe, P., El-Shafei, A., Hauser, P., 2013. DADMAC'ın plazma destekli reftpolimerizasyonu yoluyla dokunmamış polipropilen 3zerinde ayanıklı antimikrobiyal 3zellikler kazandırılması, Y3zey ve Kaplama Teknolojisi, s 1-7.
11. Yakartepe, M., Yakartepe, Z. 1995. Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasardan-Apreye, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, İstanbul, 290 s.
12. Schindler, W.D., Hauser, P. J. (2004). Flame-retardant finishes, Chemical Finishing of Textiles, 98-116.
13. Chivas, C., Guillaume, E., Sainrat, A., Barbosa, V. (2009). Assessment of risks and benefits in the use of flame retardants in upholstered furniture in continental Europe, *Fire Safety Journal*, 44(5), 801–807.
14. Brancatelli G., Colleoni C., Massafra M. R., Rosace G. (2011). Effect of hybrid phosphorusdoped silica thin films produced by sol-gel method on the thermal behaviour of cotton fabrics, *Polymer Degradation and Stability*, 96(4), 483-490.

Gama Radyasyonuna Karşı Zırhlama Özelliğine Sahip Kaplamalı Tekstil Ürünleri Geliştirilmesi

YOZGATLI, Elif Pınar^{1,4}, TAŞKÖPRÜ, Caner², YURT, Fatma^{3,4}, BOYACI, Bekir¹

¹Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi, İzmir

²Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler ABD, 35100 İzmir

³Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Uygulamalar ABD, 35100 İzmir

⁴Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, 35100 İzmir

pinar.yozgatli@suntekstil.com.tr

YOZGATLI, Elif Pınar (0000-0003-3835-5678)

TAŞKÖPRÜ, Caner (0000-0002-3460-8108)

YURT, Fatma (0000-0002-9394-6908)

BOYACI, Bekir (0000-0003-4557 0990)

ÖZET

Yeryüzünde bulunan tüm canlılar, radyasyona maruz kalmaktadır. Radyasyon kaynakları; güneş ışınları gibi doğal kaynaklar olabilmekle birlikte, X ışınları ya da gama radyasyonu gibi yapay kaynaklar olması da mümkündür. Teknolojinin hızlı gelişimi, yapay radyasyon kaynaklarına olan maruziyetin de artmasına neden olmuştur. Radyasyon, canlı vücudunda ciddi hasarlara sebebiyet vermektedir. Bu nedenle radyasyondan korunmak oldukça büyük önem taşımaktadır.

Radyasyondan korunmada en etkili yöntem, zırhlamadır. Zırhlama, radyasyon kaynağı ile radyasyona maruz kalan kişiler arasına, radyasyonu önleyici malzemelerin konulmasıdır. En yaygın kullanılan zırhlama malzemeleri kurşun içerikli plaka ve bloklar olsa da son yıllarda tekstil tabanlı malzemelerin kullanımı da yaygın hale gelmiştir. Kurşun içerikli malzemelerin sahip oldukları negatif özellikler, kurşun içermeyen alternatif malzemelerin geliştirilmesini sağlamıştır. Kurşun malzemelere alternatif olarak; tekstil tabanlı zırhlama malzemelerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Çalışmada, gama radyasyonuna karşı zırhlama özelliğine sahip kaplamalı tekstil ürünleri geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda; baryum sülfat ve bizmut oksit metallerini içeren kaplama dispersiyonları kumaşlara bıçaklı kaplama yöntemiyle uygulanacak ve elde edilecek kaplamalı tekstil ürünlerinin zırhlama verimleri yüzde olarak tespit edilecektir.

AMAÇLAR

Bu çalışmada; tıbbi ya da askeri uygulamalarda radyasyona maruz kalan kişilerin korunmasını

sağlayacak zırhlama özelliğine sahip tekstil ürünleri geliştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı özelliklere sahip iki örme kumaşa, metal tozu içerikli kimyasal maddeler kaplama yöntemiyle uygulanmış ve söz konusu kumaşların yüksek zırhlama verimine sahip olması hedeflenmiştir.

GİRİŞ

Günümüz şartlarında teknolojinin hızla gelişmekte olması, radyasyon kaynaklarının da aynı hızla artmasına sebebiyet vermektedir. Cep telefonları, bilgisayarlar, televizyonlar, ev aletleri gibi günlük hayatta sıklıkla kullanılan cihazlar ile güneş ışığı, başlıca radyasyon kaynakları arasında yer almaktadır. Bunlarla birlikte radyasyon; tıbbi alanlarda, enerji üretiminde, askeri alanlarda ve bilimsel faaliyetlerde de kullanılmaktadır. Özellikle tıbbi alanda hastalıkların teşhisi ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır^{1,2}.

Radyasyon, yapısına göre; foton tipi ve parçacık tipi olarak iki ana başlıkta incelenmektedir. Alfa ve beta, parçacık tipi radyasyona örnek olup bu türde radyasyonun durdurulması oldukça kolaydır. Gama ve X-ışınları ise foton tipi radyasyona örnektir. Bu türde radyasyonun durdurulması oldukça zordur ve foton tipi radyasyon canlı hücrelerine büyük zararlar vermektedir. Sebep olduğu büyük zararlardan dolayı radyasyondan korunmak oldukça önemlidir. Radyasyondan korunmak için üç temel unsur bulunmaktadır. Bunlar; zaman, mesafe ve zırhlamadır. Radyasyona maruz kalınan süre arttıkça, radyasyonun meydana getireceği hasar da artacaktır. Bu sebeple radyasyona maruz kalınan süre mümkün olduğunca minimum seviyede tutulmalıdır. Radyasyon şiddeti, radyasyon kaynağına olan mesafe arttıkça azalmaktadır. Radyasyondan korunmada rol oynayan en önemli faktör ise zırhlamadır^{3,4,5}.

Zırhlama; radyasyon kaynağı ile radyasyona maruz kalacak kişi arasına, radyasyonun etkilerini azaltıcı

malzemeler konulması olarak tanımlanmaktadır. Bu malzemelere ise zırhlama malzemeleri adı verilmektedir. Zırhlama malzemeleri, radyasyonun türüne göre farklılık göstermektedir. Alfa ve beta radyasyonları için ince bir kağıt malzeme ile zırhlama mümkün iken, gama ve X ışınları gibi radyasyonlarda ise kalın ve kurşun içerikli malzemeler kullanılmaktadır^{3, 4, 5}.

Foton tipi radyasyonların zırhlamasında yüksek yoğunluklu materyaller ve ağır atomların kullanılması gerekmektedir. Bu özelliklere sahip olmaları nedeniyle zırhlama materyali olarak kurşun, baryum, bizmut, tungsten metallerinin kullanımı mümkündür. Kurşun, en çok kullanılan zırhlama malzemesidir. Ancak; toksik özellik göstermesi, ağır olması ve sahip olduğu kırılma yapısı, kurşun yerine alternatif malzemelerin araştırılmasına sebebiyet vermiştir^{6, 7, 8}. Bu alternatif malzemelerin başında da tekstil tabanlı zırhlama malzemeleri gelmektedir. Zırhlama özelliğine sahip olmayan geleneksel tekstil lifleri ve bu liflerden elde edilen kumaş yapıları, farklı katkılarla ve uygulamalarla zırhlama malzemesi haline getirilebilmektedir. İletken iplik kullanımı, iletken polimerler ile tekstil materyallerinin kaplanması veya iletken olmayan polimer malzemelerin çeşitli metal katkıları eklenerek tekstil materyallerine uygulanması, tekstil tabanlı zırhlama malzemelerinde en sık kullanılan yöntemlerdir. İletken iplik kullanımı, iletken polimerler ile tekstil materyallerinin kaplanması gibi yöntemler ile radyasyon koruyucu tekstil ürünleri elde edilmesi üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır^{9, 10}. Kılınçarslan ve arkadaşlarına ait çalışmada⁴ pamuk polyester elyaf karışımından mamul kumaşlara, farklı oranlarda baryum sülfat içerikli kimyasal madde, kaplama yöntemiyle uygulanmıştır. Çalışma sonucunda baryum sülfat miktarı arttıkça, zırhlamanın arttığı gözlenmiştir.

Maghrabi ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada⁶, baryum sülfat ve bizmut oksit kaplamalı kumaşların X-ray ışınlarını zırhlama davranışları incelenmiştir.

Kumaş olarak poliamid 6.6 içerikli bezayağı dokuma kumaş tercih edilmiştir. Kumaşlara; baryum sülfat, bizmut oksit ve bunların karışımlarından oluşan dispersiyon uygulaması bıçaklı kaplama yöntemiyle yapılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek zırhlama verimi, baryum sülfat-bizmut oksit metal tozu karışımı içeren kumaş ile sağlanmıştır.

Aral ve arkadaşları⁹; %60 oranlarında baryum sülfat, bizmut oksit ve tungsten oksit metal tozu içerikli silikon kauçuk malzemeler ile kaplanmış %100 pamuk içerikli bezayağı dokuma kumaşların X-ray ışınlarını

zırhlaması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda en yüksek zırhlama bizmut oksit kaplamalı kumaşlar ile elde edilmiştir. Tungsten oksit metali tüm enerji seviyelerinde en yüksek zırhlamaya sahip olmasına rağmen, kaplama dispersiyonu içerisindeki hacimce oranının düşük olması sebebiyle zırhlama yüzdelere bizmut oksitten daha düşük çıktığı sonucuna varılmıştır. Tüm zırhlama değerleri arasında en düşük sonuç baryum sülfat kaplamalı kumaşlarda görülmüştür.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışmada; Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi'nde geliştirilen, %100 polyester ve %100 pamuk içerikli mamul interlok konstrüksiyonunda iki farklı örme kumaş kullanılmıştır. Kullanılan örme kumaşlara ait bazı özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kumaşlara ait özellikler

İçerik	%100 Pamuk	%100 Polyester
Kumaş Türü	Örme	Örme
Konstrüksiyon	İnterlok	İnterlok
Kalınlık (mm)	1,02	1,25
Ağırlık (g/m²)	345	340

Poliüretan bazlı dispersiyon kaplama maddesi Rudolf Duraner firmasından satın alınmıştır. Metal tozu olarak baryum sülfat (BaSO₄) ve bizmut oksit (Bi₂O₃) tozları (Sigma Aldrich, Türkiye) kullanılmıştır.

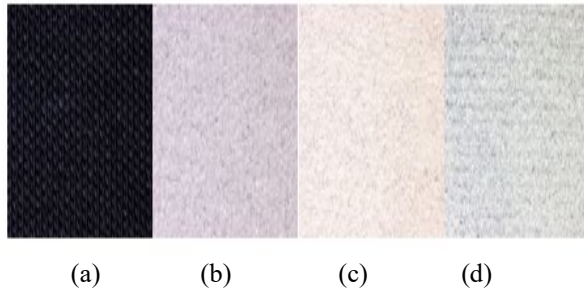
Yöntem

Çalışma kapsamında; Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi laboratuvar altyapısında bulunan karıştırıcı kullanılarak kaplama patları oluşturulmuştur. Poliüretan bazlı kaplama kimyasalı içerisine baryum sülfat ve bizmut oksit tozları %60 oranında eklenip, 1-2 saat karıştırılarak iki farklı kaplama patı hazırlığı yapılmıştır. Hazırlığı tamamlanan kaplama patları, kaplama uygulamasına hazır hale getirilen kumaşlara Ataç RGK-40 bıçaklı kaplama (rakle) aleti kullanılarak uygulanmıştır. İki kat baryum sülfat, iki kat bizmut oksit ve bir kat baryum sülfat/bir kat bizmut oksit olmak üzere üç farklı deney seti ile çalışma yapılmıştır. Kumaşlara her kaplama uygulaması sonunda fikseleme işlemi yapılmıştır. Elde edilen kumaşların kalınlık değişimleri incelenmiş, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü altyapısında bulunan NaI(Tl) dedektörü kullanılarak zırhlama verimi potansiyeli tespit edilmiştir. Radyasyon kaynağı olarak ²⁴¹Am (E_γ=60

keV) ve ^{137}Cs ($E_\gamma = 662$ keV) kaynakları kullanılmıştır. Kumaşların kaplama uygulaması öncesinde ve sonrasında yüzey mikroskobu ile yüzey görüntüleri karşılaştırılmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

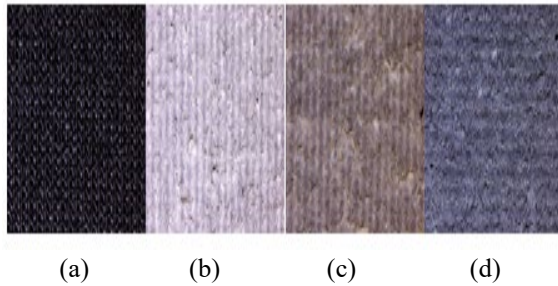
Çalışma kapsamında kullanılan pamuk örme kumaşın kaplama uygulaması öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri Şekil 1’de yer almaktadır. Şekil 1’de verilmiş pamuk örme kumaşa ait görüntüler sırasıyla; (a) ham kumaş, (b) baryum sülfat kaplamalı kumaş, (c) bizmut oksit kaplamalı kumaş ve (d) baryum sülfat/bizmut oksit hibrit kaplamalı kumaşa aittir.



Şekil 1. Pamuk örme kumaşa ait mikroskop görselleri

Polyester örme kumaşın kaplama uygulaması öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de yer alan polyester örme kumaşa ait görüntüler; a) ham kumaş, (b) baryum sülfat kaplamalı kumaş, (c) bizmut oksit kaplamalı kumaş ve (d) baryum sülfat/bizmut oksit hibrit kaplamalı kumaşa aittir.

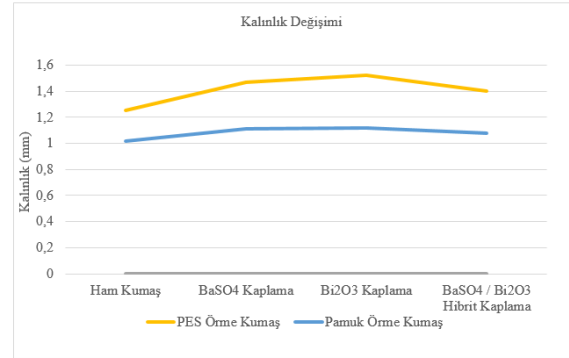
Kaplama uygulaması öncesi kumaşların mikroskop görüntüleri ile kaplama uygulaması sonrası karşılaştırıldığında, kumaşlara başarılı şekilde kaplama uygulaması yapıldığı görülmektedir. Uygulama yapılan kumaşların yüzeylerinde film yapısı oluşmuştur.



Şekil 2. Polyester örme kumaşa ait mikroskop görselleri

Bununla birlikte kaplama uygulaması yapılmış kumaşların yüzeyinde düzgünsüzlükler ve topaklanmalar görülmektedir. Bu durum metal tozlarının, kaplama polimeri içerisinde homojen şekilde

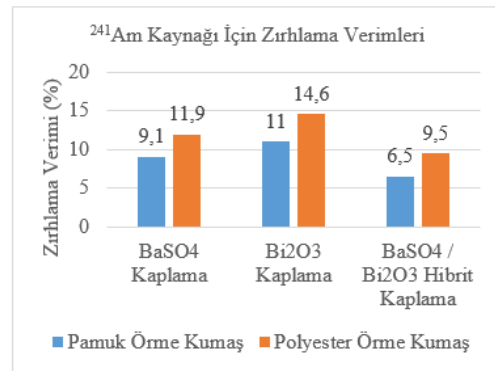
dağılmamasından kaynaklandığı yorumu yapılabilir. Kaplama uygulaması yapılmış pamuk ve polyester içerikli örme kumaşların kalınlık ölçümleri Şekil 3’te yer almaktadır.



Şekil 3. PES örme kumaş ve pamuk örme kumaşa ait kalınlık değişimleri

Kaplama uygulaması yapılmış kumaşların üzerinde oluşan film yapıları, kumaşların kalınlıklarında artış meydana gelmesini sağlamıştır. Her iki kumaş türünde de en yüksek kalınlık artışı bizmut oksit kaplamalı kumaşlarda olmuştur. Bunu baryum sülfat kaplamalı kumaşlar takip etmiştir. Kalınlık artışının en düşük olduğu kaplama baryum sülfat/bizmut oksit hibrit kaplamadır.

Şekil 4’te kaplama uygulaması yapılmış kumaşların ^{241}Am kaynağı için zırlama verimleri yer almaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde polyester kumaşların zırlama verimlerinin, pamuk kumaştan daha yüksek olduğu görülmektedir.

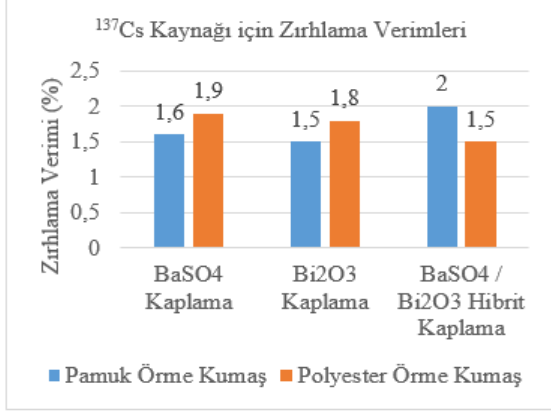


Şekil 4. PES örme kumaş ve pamuk örme kumaşın ^{241}Am kaynağında zırlama verimleri

Polyester kumaşın kalınlığının pamuk kumaştan daha fazla olması, zırlama veriminin de daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Baryum sülfat ve bizmut oksit metalleri kıyaslandığında ise en yüksek zırlama verimi %14,6 ile bizmut oksit kaplamalı polyester

örme kumaşta elde edilmiştir. Bu değeri %11,9 ile baryum sülfat kaplamalı polyester kumaş takip etmiştir. Baryum sülfat ve bizmut oksit hibrit kaplamalı kumaşta zırhlama verimleri %9,5'te kalmıştır.

Şekil 5'te ise, kaplama uygulaması yapılmış kumaşların ^{137}Cs kaynağı için zırhlama verimleri verilmiştir.



Şekil 5. PES örme kumaş ve pamuk örme kumaşın ^{137}Cs kaynağında zırhlama verimleri

Pamuk ve polyester içerikli kumaşlar kıyaslandığında en yüksek zırhlama oranı %2 ile Baryum sülfat/bizmut oksit hibrit kaplamalı pamuk kumaşta elde edilmiştir. Bunu %1,9 ile baryum sülfat kaplamalı polyester kumaş takip etmektedir. ^{137}Cs kaynağı, ^{241}Am kaynağından daha güçlü bir kaynak olduğu için zırhlama verimlerinin oldukça düşük değerler aldığı görülmektedir.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; polyester örme kumaşın daha kalın bir yapıda olması, kaplama uygulaması sonrasında daha yüksek bir zırhlama verimi elde edilmesini sağlamıştır. Bu sonuç yalnızca baryum sülfat bizmut oksit hibrit kaplamada değişiklik göstermiştir.

Kullanılan gama kaynağının enerjisinin artması, kumaşlardaki zırhlama veriminin düşmesine yol açmıştır. Bu nedenle ^{137}Cs kaynağı ile yapılan ölçümlerdeki zırhlama verimleri, ^{241}Am kaynağına göre oldukça düşük seviyededir. Literatürdeki bilgilere⁶ bakıldığında en yüksek zırhlama veriminin baryum sülfat/bizmut oksit hibrit kaplamalı kumaşlar ile elde edilmesi beklense de ^{241}Am kaynağı ile pamuk ve polyester kumaşların her ikisi ile ölçümlerde en yüksek zırhlama verimi bizmut oksit kaplamada elde edilmiştir. ^{137}Cs kaynağı ile yapılan ölçümlerde polyester kumaşta literatürde⁶ bahsedilen sonuca ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılan metal tozları ağırlıkça %60 oranında olsa da, metallerin yoğunluk farkları nedeniyle kaplama dispersiyonu içerisindeki hacimce yüzdelerin farklılık göstermesi söz konusu olmuştur⁹. Bu bakış açısıyla;

baryum sülfat ile yapılan uygulamalara kıyasla, daha yüksek zırhlama verimi göstermesi beklenen bizmut oksit metali bazı numunelerde daha düşük zırhlama verimine sahip olmuştur.

GENEL SONUÇLAR

Çalışma sonucunda polyester ve pamuk içerikli örme kumaşlara başarılı şekilde kaplama uygulaması yapılmış ve kumaş yapılarının yüzeylerinde film katmanı oluşturulmuştur. Kaplama uygulaması yapılmış kumaşların kalınlık değerlerinde, uygulama yapılmamış kumaşlara göre artış gözlenmiştir. Baryum sülfat ve bizmut oksit metal tozları kullanılarak kaplama uygulaması yapılmış tüm kumaşların % gama radyasyonu zırhlama verimleri beklenen değerlerin oldukça altında çıkmıştır.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Çalışmanın ilerleyen dönemlerinde, kullanılan örme kumaş yapılarına ek olarak farklı özelliklere sahip dokuma kumaşlara kaplama uygulaması yapılması planlanmaktadır. Böylelikle, kaplama uygulanmış dokuma ve örme kumaşların özellikleri karşılaştırılacaktır. Çalışmada kullanılan Baryum Sülfat ve Bizmut Oksit metal tozları ile birlikte Tungsten Oksit metal tozu ile kaplama uygulamaları yapılması hedeflenmektedir. Farklı hibrit kaplama denemeleri yapılarak yüzeyde zırhlama verimlerinin artırılması amaçlanmaktadır.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ege Üniversitesi FYL-2020-22432 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir. Destekleri için Ege Üniversitesi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Zou, L., Lan, C., Yang, L., Xu, Z., Chu, C., Liu, Y. ve Qiu, Y. 2020. "The optimization of nanocomposite coating with polyaniline coated carbon nanotubes on fabrics for exceptional electromagnetic interference shielding", *Diamond & Related Materials*, 104.
2. Zou, L., Zhang, S., Li, X., Lan, C., Qiu, Y. ve Ma, Y. 2016. "Step-by-Step Strategy for Constructing Multilayer Structured Coatings toward High-Efficiency Electromagnetic Interference Shielding", *Advances Materials Interfaces*, 3, 1-6.
3. Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Molla, T. ve Sancar S. 2011. "Radyoaktif Işınlardan Korunaklı Ekolojik Yapılar", *Politeknik Dergisi*, 14 (2), 93-

- 99.
4. Kılınçarslan, S., Akkurt, I., Uncu, S. ve Akarslan, F. 2016. "Determination of Radiation Shielding Properties of Cotton Polyester Blend Fabric Coated with Different Barite Rate", *Acta Physica Polonica A*, 129.
 5. Kılınçarslan, S., Akkurt, I., Uncu, S. ve Akarslan, F. 2017. "Determination of Radiation Shielding Properties of Fabrics Using Image Processing Method", 132.
 6. Maghrabi, H. A., Vijayan, A., Deb, P. ve Wang, L. 2016. "Bismuth oxide-coated fabrics for X-ray shielding", *Textile Research Journal*, 86 (6), 649–658.
 7. Soylu, H. M., Lambrecht, F. Y ve Ersöz, O. A. 2015. "Gamma radiation shielding efficiency of a new lead-free composite material", *Journal of . Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 305, 529-534.
 8. Ersöz, O. A., Lambrecht, F. Y. ve Soylu, H. M. 2016. "Tungsten-ethylene vinyl acetate (EVA) composite as a gamma rays shielding material", *Indian Journal of Pure and Applied Physics*, 54, 793-796.
 9. Aral, N., Nergis, B. ve Candan, C. 2016. "An alternative X-ray shielding material based on coated textiles", *Textile Research Journal*, 86 (8) 803–811.
 10. Chatterjee, A. ve Maity S. 2020. *Advanced in Functional and Protective Textiles: Advanced electromagnetic interference shielding textiles and clothing*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Buhar Fazında Polimerizasyon Yöntemiyle PEDOT Kaplı İletken Tekstil Yüzeyi Eldesinde Polimerizasyon Şartlarının İletkenlik Üzerine Etkisinin Araştırılması

YILDIZ Serkan¹, HOCKENBERGER Aslı²

^{1,2}Bursa Uludağ Üniversitesi,
sengonul@uludag.edu.tr

ÖZET

Buhar fazında polimerizasyon yöntemi iletken tekstil yüzeyleri elde etmek için kullanılan en etkin ve kolay yöntemlerden biridir. . Bu çalışmada sıcaklık, oksidan miktarı ve polimerizasyon süresi gibi reaksiyon koşullarının iletkenlik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Polimerizasyon kinetiği iletken polimer özelliklerini tanımlarken kritik bir faktördür. Buhar fazında polimerizasyon yöntemiyle Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) kaplı iletken tekstil yüzeyi eldesinde maksimum iletkenlik değeri için optimum polimerizasyon şartları bulunmuştur.

AMAÇLAR

İletken polimerler doğası gereği düzensiz yapılı malzemelerdir ve yapı içinde üniform olmayan bir şekilde dağılmış çeşitli uzunluklarda polimer zincirlerinden oluşur. Bu nedenle, çeşitli konjugasyon uzunluklarının bir kombinasyonu görülür (elektronların zincirler boyunca delokalize olduğu etkili mesafe) [1]. Polimer zincirlerinin daha iyi paketlenmesi için zincirler arasındaki π - π etkileşimleri, zayıf Van der Waals kuvvetlerine sebep olur [2]. İletken polimerlerdeki yük taşıma özelliklerini optimize etmek için hem yüksek taşıyıcı hareketliliği hem de/veya zincir içi ve zincirler arası verimli taşıma aranır [3]. İn-situ yöntemle sentezlenen PEDOT için, elde edilen doping seviyesi yaklaşık %40 gibi nispeten yüksektir [4]. İletkenliği daha da artırmanın anahtarı, bu tür yoğun katkılı PEDOT'ta yük aktarımının nasıl iyileştirileceğidir. Bunu etkileyen en önemli faktörler de polimerizasyon şartları olarak belirlenmiştir. PEDOT için farklı sentezleme yöntemleri arasında, buhar fazında polimerizasyon (VPP), yüksek iletkenliğe sahip tekstiller üretmek için en kullanışlı teknikler arasındadır [5] Bu çalışmada amacımız buhar fazında polimerizasyon yöntemiyle PEDOT kaplı iletken tekstil yüzeyi eldesinde polimerizasyon şartlarının etkilerinin araştırılarak optimum polimerizasyon şartlarının belirlenmesidir.

GİRİŞ

Tekstil malzemeleri çoğunlukla iletken özellik göstermezler. Tekstilde kullanılan malzemelerin iletken hale getirilebilmesi için farklı yöntemler kullanılmıştır.

Tekstil yüzeylerinin iletken bir polimerle kaplanması polimerlerin esneklik, mukavemet vb özelliklerinin yanında metal içermemesi nedeniyle birçok uygulamada tercih edilmesine neden olmuş ve iletken polimerlerin endüstriyel uygulama alanlarında kullanılmasını sağlamıştır.

İletken polimerler, fotovoltaipler, ince ekranlar ve dokunmatik ekranlar gibi yüksek teknolojik alanlarda ve ayrıca inorganik ışık yayan cihazlarda (OLED'ler), organik fotovoltaiik veya diğer uygulamalarda kullanılan akıllı sensörler veya organik elektronikler gibi alanlarda önemlidir.

İletken polimerlere olan ilgi 1977'de Profesör Heeger, MacDiarmid ve Shirakawa tarafından keşfedilmelerinden bu yana artmıştır[6]. Özellikle iletken polimerlerin hafif ve yarı iletken yapısı organik elektronik için yeni bir pencere açmıştır [7]. Bu alanda çok fazla sayıda patent verilmesi, endüstriyel şirketlerin iletken polimerlerin kullanımına ve ticarileştirmeye başlamış olduklarını göstermektedir[8].

Elektriksel iletkenlik, bant aralığına oldukça bağlıdır. Bant aralığı küçükse, elektronlar küçük bir miktar termal enerji ile bile uyarılabilir. [9]

İletken polimerler sınıfında en çok çalışılan polimerler arasında polianilin (PANi), polipirol (PPy) ve Poly (3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) yer almaktadır.

Polianilin ve polipirol, yarı-iletken polimerler sınıfında bulunan polimerlerdir. Ancak, bu polimerler birçok çözücüde düşük çözünürlüğe sahiptir ve rijit polimer zinciri nedeniyle yüksek esneklik eldesi mümkün olmamaktadır [10]. Ayrıca yüksek maliyet ve ticari kullanıma uygun olmaması gibi nedenlerle yapılan çalışmalar laboratuvar ölçeğinde kalmıştır.[11]

Poly-3, 4-ethylenedioxythiophene (PEDOT), yüksek iletkenlik, kolay işlenebilirlik, çevresel ve termal kararlılık ve düşük bant aralığı gibi özellikleri nedeniyle en önemli iletken polimerlerden biridir. Özellikle, düşük bant aralığı yapısı, organik ışık yayan diyotlar (OLED), fotovoltailer (PV), sensörler, elektrolüminesans cihazları, antistatik kaplamalar ve süperkapasitörler gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmasını sağlar [12].

Poly (3, 4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) polimeri üç ana polimerizasyon reaksiyonunu ile sentezlenebilir [13]:

Elektrokimyasal Polimerizasyon

Bu polimerizasyon yöntemi iletken yüzey üzerine sentezleme gerektirdiği ve monomerin uygun bir çözücüde çözülmesi gibi sınırlandırmalar gerektirdiği için tekstil yüzeylerine uygun değildir. Ayrıca oluşan ince filmin düzgünlük problemi nedeniyle uygulama alanları kısıtlı kalmıştır [14].

Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD)

İletken polimer sentezinde, monomer uygun çözücüde çözülerek, katalizör eşliğinde, bir yükseltgeme veya indirgeme aracı kullanılarak polimer sentezlenir. Kimyasal polimerizasyonda, kullanılacak olan dopant maddesi ve katalizörün elde edilecek iletken polimerin elektriksel iletkenliği üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. CVD metodu ile yüksek iletken değerlikli filmler üretirken; genel olarak karmaşık deneysel kurulumlar gerektirmesi, elde edilen ürünün safsızlıklar içermesi ve yükseltgenme basamağının kontrol edilememesi gibi dezavantajları vardır [1].

Buhar Fazında Polimerizasyon (VPP)

Bu yöntemde, polimerizasyon reaksiyonu gaz fazında gerçekleştirilir ve bir katalizör çözeltisi ile doğrudan oksidasyona dayanır [12]. EDOT'un buharlaştırılması ve substrat üzerindeki polimerizasyonu, polimerizasyon odası (haznesi) içinde nitrojen ve argon gibi çeşitli gazlar eşliğinde yapılır. VPP işlemi sırasında çoğunlukla baz inhibitörü olarak piridin ve oksidan olarak Fe(III) tosylate kullanılır. EDOT monomerleri buhar fazına ısıtılarak substratlar üzerinde oksitleyici maddeler (Fe(III) tosylate, butanol ve piridin karışımı) ile reaksiyona girdiğinde PEDOT kaplamasını başlatır ve polimerizasyon işlemi gerçekleşir. [15]. Bu yöntemde polimerizasyon süreci hızlı ve basittir [16]. PEDOT için farklı sentezleme yöntemleri arasında, buhar fazında polimerizasyon (VPP), yüksek iletkenliğe sahip tekstiller üretmek için en kullanışlı teknikler arasındadır [17] [18]

Buhar fazında polimerizasyon işlemi, iletken polimerleri üretmek için diğer yöntemlere göre birkaç avantaja sahiptir, çünkü monomerler bir çözelti yerine buhar olarak uygulanır ve ortamda partikül aglomerasyonuna neden olabilecek herhangi bir sıvı yoktur. VPP yöntemi ile elde edilen yüzeyler, oksidatif ve elektrokimyasal metotlara kıyasla çok düzgün homojen bir yapıya sahiptir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları, VPP yönteminin çok düzgün ve homojen ince filmler ürettiğini göstermektedir [19]

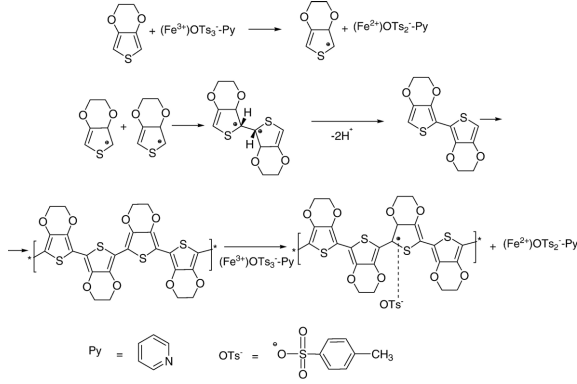
Kumaşlar ve iplikler üzerinde yapılan araştırma çalışmaları, PEDOT kaplamalarının elektriksel ve mekanik özelliklerinin oksidan çözeltinin konsantrasyonundan, liflerin tipinden ve VPP yönteminin uygulanma süresinden ve polimerizasyon sıcaklığından büyük ölçüde etkilenebileceğini göstermiştir [20]

Düşük etkili oksidasyon mukavemeti ve dolayısıyla daha yavaş polimerleşme hızı nedeniyle, Fe(OTs)₃, birçok uygulama için tercih edilen oksidandır. Buradaki hipotez, daha yavaş polimer oluşum hızının, konjugasyon uzunlukları ve dolayısıyla iletkenliği daha fazla olan uzun polimer zincirlerinin oluşmasına izin verdiğidir. Buna dayanarak, polimerizasyon kinetiğinin bazı yollarla yavaşlatılmasının, ince, pürüzsüz, yüksek iletken filmlere sebep olduğu düşünülür [21]. Daha büyük zincirli polimerlerin, komşu polimer zincirleri arasında etkili olan moleküller arası kuvvetleri değiştirdiği kabul edilir. Bu değişiklik, daha yüksek elektriksel iletkenlik sağlayan komşu zincirlerdeki yükün taşınmasının bir sonucudur [22]. Bunlar gibi sonuçlar, bir iletken polimerin elektriksel özelliklerine, (konjugasyon uzunluğu, doping seviyesi, vb.) göre değil, aynı zamanda iletken polimer filmlerinin yapısal özelliklerine (zincir aralığı, kristallik, morfoloji, vb.) de hitap etmektedir. Fe(OTs)₃ ayrıca düşük yüzey pürüzlülüğü ve homojen bir film oluşması için en etkili oksidandır [17]

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki oksidan konsantrasyonu ile birlikte iletkenlik değerlerinde de artış görülmüştür. Bununla birlikte, oksidan konsantrasyonunun arttırılması, yüzey pürüzlülüğü gibi bazı özellikler üzerinde olumsuz etkiye sahip olabilir. Bütün bu çalışmalar, polimerizasyon kinetiğinin, iletken polimer özelliklerini tanımlarken kritik bir faktör olduğunu göstermektedir. Genel olarak, daha yüksek bir oksidan konsantrasyonu daha hızlı polimerizasyon oranlarına yol açar; daha pürüzlü ve daha az iletken olan daha kalın iletken polimer filmler oluşur. Çok yüksek oksidan miktarları polimer

zincirindeki konjugasyonda bozulmalara neden olarak düşük iletkenlik değerine sahip polimere sebep olur [23]

EDOT'un polimerizasyonu sırasında, asidite kaynaklı yan reaksiyonlar, kısmi konjugasyon nedeniyle düşük iletkenlikli film oluşmasına yol açar. PEDOT'un bir VPP işlemi ile polimerizasyonu, asidik protonları reaksiyondan çıkarmak için bir bazın kullanılmasını gerektirir. Piridin, yüksek uçuculuğu nedeniyle bu reaksiyonda baz olarak kullanılır. Piridin olmadan, HCL gazı polimerizasyon sırasında PEDOT morfolojisini bozar [24] Piridin varlığında EDOT'un oksidatif polimerizasyonu şeklindeki gibidir.[25]



Şekil 1 Piridin varlığında EDOT'un polimerizasyonu [25]

PEDOT filmlerinin iletkenliği VPP sıcaklığına çok bağlıdır. İletkenlik, kimyasal yapının, kristal yapının ve mikro yapının kolektif bir işlevidir. Polimerizasyon sıcaklığı, elde edilen filmlerin kimyasal yapısında önemli bir değişiklik olmadığından, sıcaklık, zincirlerin hareketliliğini değiştirebilir ve farklı kristal yapı ve mikro yapıya neden olabilir. Sıcaklığın, filmlerin kristal yapısı üzerindeki etkisi, polimerizasyon sırasında polimer zincirlerinin hareketliliğini etkilediğinden anlaşılabilir. Sıcaklığın artırılması sadece zincir hareketliliğini arttırmaz, aynı zamanda polimerizasyonu da hızlandırır. Bu nedenle, sadece uygun sıcaklıkta, çok düzenli bir yapıya sahip PEDOT filmler elde edilebilir. VPP sıcaklığı arttıkça, iletken polimer filmin morfolojisi giderek daha yoğun ve pürüzsüz hale gelir. Yüksek sıcaklıklarda iletken polimerde polimerizasyon hızından kaynaklı düzensizlikler görülmeye başlanır. [26]

DENEYSEL

EDOT monomeri, Demir(III) p-toluensülfonat heksahidrat Fe(OTs)₃, bütanol, Poli(etilen glikol)

(PEG) ve piridin, Sigma Aldrich'ten temin edildi. Tüm kimyasallar alındığı gibi kullanıldı. Bu araştırma için kullanılan ve özellikleri tablo 1 de verilen tüm tekstil kumaşları satın alındı.

Tablo 1 Deneyde kullanılan kumaş özellikleri.

Örgü	İplikler (Çözgü/ Atkı)	Sıklıklar (Çözgü/ Atkı)	Gr	Yarılma Mukavemeti ISO13937-2 (Çözgü/Atkı)		Kopma Mukavemeti ISO13934-1 (Çözgü/Atkı)		Yüzey Elektrik Direnci Tayini EN1149-1
	150F48 <u>Teks</u>							
<u>Bezayağı</u>	<u>Puntalı</u> / 150F48 <u>Teks</u>	24/24	92	28,45 N	28,24 N	>600 N	>600 N	> 10 ¹³ Ω
<u>Bezayağı</u>	27,5/1 Ne Pamuk / 29,5/1 Ne Pamuk	30/24	106	5,29 N	4,49 N	409,68 N	229,66 N	6,0*10 ⁸ Ω
<u>Bezayağı</u>	Ne 27/1 Pes. - Pamuk / Ne 31/1 Pes. – Pamuk	30/26	125	9,97 N	9 N	518,5 N	419,6 N	7,5*10 ⁸ Ω

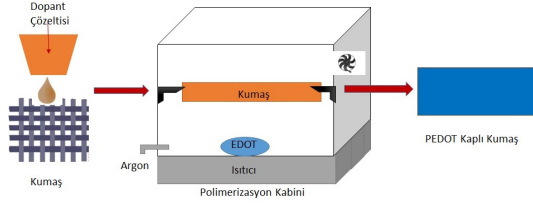
Ferrik tosilat (Sigma aldrich, heksahidrat) solüsyonu, mol ferrik tosilat başına 0.5 mol piridin ile bütanol içinde ağırlıkça % 30-40-50 olarak hazırlandı. EDOT'un polimerizasyonu sırasında, asit kaynaklı yan reaksiyonlar, kısmi konjugasyon nedeniyle düşük iletkenlikli bir film oluşumuna yol açar. PEDOT'un bir VPP işlemi ile polimerizasyonu, reaksiyondan asidik protonları uzaklaştırmak için bir bazın kullanılmasını gerektirir. [27] EDOT'un VPP'si sırasında piridini baz inhibitörü olarak kullandık. [26]. PEG (ağırlıkça %5) elektrik direncini azaltmak için plastikleştirici görevi gördü[28]

Yöntem

Kumaşlar 6 cm x 20 cm ölçülerinde özenle kesilmiştir. Kumaşlar üzerindeki olası kontaminasyonlar ortadan kaldırılmalıdır. Bu nedenle kumaşlar etanol/deiyonize su çözeltisinde (%50/50 hacim oranı) iki kez oda sıcaklığında 5 dakika yıkandı ve ardından 50 °C fırında 15 dakika kurutuldu. Kurutma işleminden sonra numuneler PEDOT iletken polimer ile kaplanmadan önce 2 gün oda sıcaklığında kondüsyonlanmıştır.

Bjørn Winther-Jensen Buhar fazında polimerizasyon ile ilgili polimerizasyon kabininin gelişmesi çalışmalarını başlatmış ve birçok çalışma bu çalışmayı referans almıştır. Bjørn Winther-Jensen polimerizasyon kabininin tasarlarken tekstil malzemelerine göre değil normal substatlara göre düşünmüş ve bu yüzden malzeme kabin içinde dikey bir şekilde asılmıştır [15]. Ancak tekstil malzemelerinin buhar fazında polimerizasyon yöntemi ile iletken hale getirilmesi için farklı bir tasarıma ihtiyaç duyulmuştur. Tekstil yüzeylerinin dopant ile kaplanması sonucu kabine dikey bir şekilde asılması ile dopant malzemesi aglomere olarak aşağı doğru akmış ve homojen olmayan kaplamalar elde

edilmiştir. Bu nedenle çalışmada kullanılacak polimerizasyon kabininin yeniden tasarlanması gerekmiştir. Biz de deneylerimizde Şekil 2de görülen ve tekstil malzemesinin yatay bir şekilde asılarak homojen kaplama sağlayacak düzeneği geliştirdik. Polimerizasyon kabine içerideki sıcaklığı homojen bir şekilde ve sabit kalacak şekilde dağıtımını sağlayacak düzenekler ilave edilmiştir. Polimerizasyon sırasında EDOT monomerinin buharlaşarak kumaş üzerinde bulunan dopantla reaksiyona girerek iletken polimer film oluşturmasını kolaylaştırmak için fan eklenmiştir.



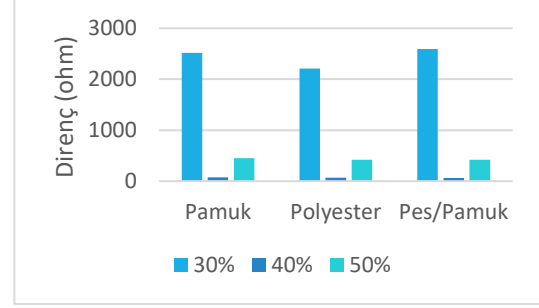
Şekil 2 Polimerizasyon kabini tasarımı

Yeni oluşturulan tasarım ile kabinin içine monomer buharı akışının homojen bir şekilde sağlanması, dopant kaplanmış tekstil numunesi ile monomer arasında önceden belirlenmiş bir süre boyunca ve belirli bir sıcaklıkta teması izin verilmesi amaçlanmaktadır. Formüle göre Ferrik tosilat çözeltisi hazırlandıktan sonra, bir şırınga ile tekstil substratına damlatıldı. Tekstil kumaşları daha sonra Şekilde gösterildiği gibi bölmenin içine yatay olarak asıldı. Küçük bir EDOT monomer beheri, Şekil 2 de gösterildiği gibi önceden ısıtılan kabine aktarıldı ve buharlaşmaya başladı. Tüpten 15 l/saat argon gazı inert ortam sağlamak için kabine aktarılmıştır. Hazne içindeki monomer buharı akışı fan ile sağlandı. Belirli bir süre sonra PEDOT kaplı tekstil numuneleri hazneden çıkarıldı. Reaksiyona girmeyen monomer ve dopant malzemeleri uzaklaştırmak için kumaşlar etanol/deiyonize su ile yıkanmıştır. Tekstil numuneleri daha sonra 50 °C'ye ayarlanmış fırına aktarıldı. 15 dakika sonra tekstil malzemeleri fırından çıkarılmış ve direnç ölçümleri yapılmadan önce kondüsyonlanmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

(ASTM) Standart Test Yöntemi F 1529-97 (dört noktalı prob), tekstil kumaşlarının direncinin ölçümü için kullanıldı.

Dopant çözeltisinde kullanacağımız $\text{Fe}(\text{OTs})_3$ konsantrasyonu için % 30-40-50 lik çözeltileri deneyerek farklı tekstil yüzeyleri üzerindeki etkisini inceledik.

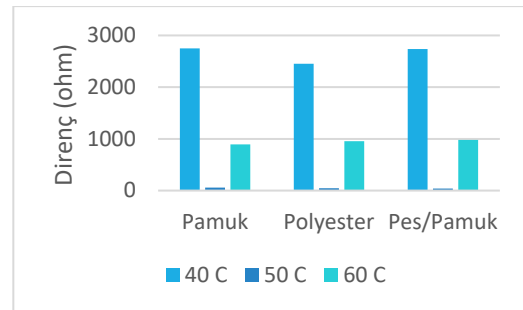


Şekil 3 Dopant konsantrasyonunun direnç değeri üzerindeki etkisi.

PEDOT filminin iletkenliğinin hazırlanan dopant çözeltisi ile doğrudan bağlantılı olduğunu gördük. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki oksidan konsantrasyonu ile birlikte iletkenlik değerlerinde de artış görülmüştür. Bununla birlikte, oksidan konsantrasyonunun optimum noktadan sonra arttırılması iletkenliği düşürmüştür. Çalışmamızda %40 lık dopant çözeltisi en iyi iletkenlik değeri sonucunu vermiştir.

PEDOT filmlerinin iletkenliği VPP sıcaklığına çok bağlıdır. İletkenlik, kimyasal yapının, kristal yapının ve mikro yapının kolektif bir işlevidir. VPP sıcaklığı, elde edilen filmlerin kimyasal yapısında önemli bir değişiklik olmadığından, sıcaklık, zincirlerin hareketliliğini değiştirebilir ve farklı kristal yapı ve mikro yapıya neden olabilir. Sıcaklığın arttırılması polimerizasyonu hızlandırır. Bu nedenle, sadece uygun sıcaklıkta, çok düzenli bir yapıya sahip PEDOT filmler elde edilebilir. VPP sıcaklığı arttıkça, iletken polimer filmin morfolojisi giderek daha yoğun ve pürüzsüz hale gelir. Yüksek sıcaklıklarda iletken polimerde polimerizasyon hızından kaynaklı düzensizlikler görülmeye başlanır.

Farklı tekstil yüzeyleri üzerinde polimerizasyonun sonuçlarının nasıl olacağını araştırılması önemli bir husus olacaktır. Biz de çalışmamızda 40°C, 50°C ve 60°C de polimerizasyon sonucu iletkenlik değerinde oluşan değişimleri inceleyerek optimum sıcaklık değerini belirledik.

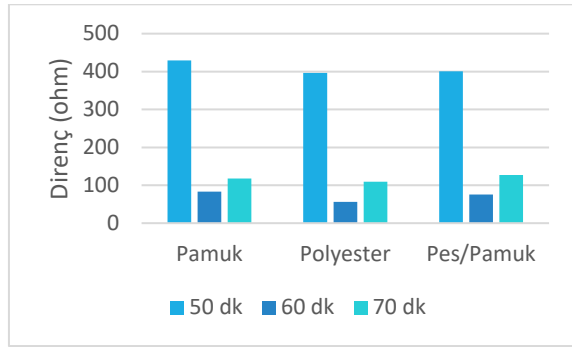


Şekil 4 Polimerizasyon sıcaklığının etkisi

Artan sıcaklığın sıvıların buhar basıncını yükselttiği ve genellikle reaksiyon hızlarını arttırdığı iyi bilinmektedir. Bu nedenle, daha yüksek sıcaklıklarda daha hızlı film büyümesi açıklanabilir. En yüksek iletkenlik, 50°C 'lik bir sıcaklığında elde edilirken, 60 °C sıcaklık iletkenlikte önemli bir düşüşe neden oldu.

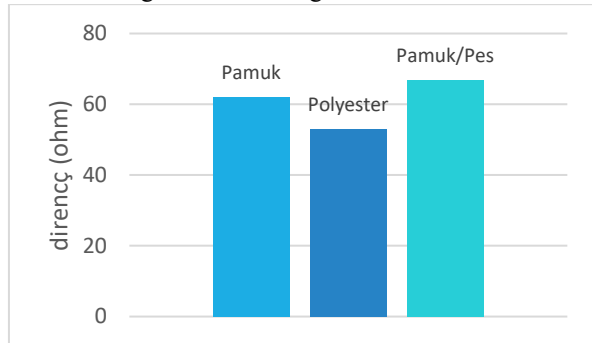
Polimerizasyon süresi arttıkça PEDOT kalınlığı artacak ve bu da iletkenlik değerini değiştireceği için 50-60-70 dakika sürede oluşan PEDOT iletkenlik değerleri incelenerek optimum polimerizasyon süresi tespit edildi.

Reaksiyon süresinin film oluşumu üzerindeki etkisini araştırmak için sıcaklık değişimi deneyinde en yüksek iletkenliği sağlayan 50°C'lik bir sıcaklık seçilmiştir.



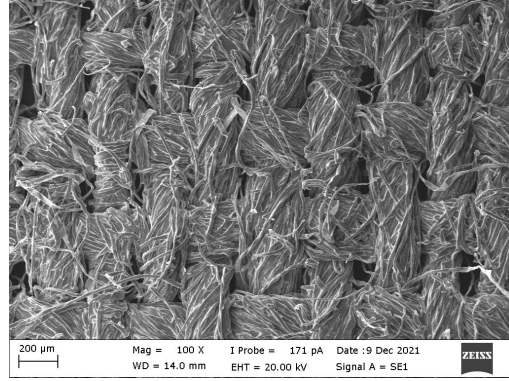
Şekil 5 Polimerizasyon süresinin etkisi

Deney sonuçlarından da görüleceği üzere iletkenlik değeri polimerizasyon süresi arttıkça artmış ancak belirli bir süre sonunda tekrar azalmaya başlamıştır. Bunun nedeni olarak erken yavaş büyüme döneminde, polimerin yüksek oranda polimerize olduğu ve iyi bir düzen ve morfolojiye sahip olduğudur. Ancak daha sonra reaksiyon hızının artması ve polimer omurgasındaki konjugasyon kusurlarının sayısındaki artış nedeniyle doping seviyesi düşer. Son olarak, polimerizasyonun son aşaması, sürekli, kesintisiz film büyümesi için yetersiz olan oksidan nedeniyle iletkenlik değerinde azalma görülür.

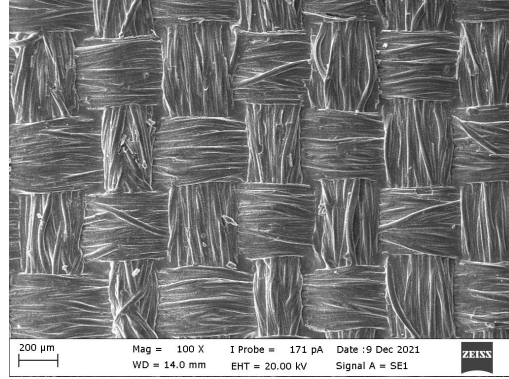


Şekil 6 %40 dopant, 50 C ve 60dk polimerizasyon sonunda kumaşlardaki direnç değişimleri.

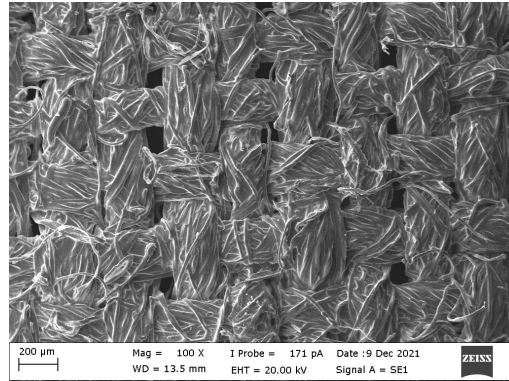
PEDOT kaplanmış 3 kumaş karşılaştırıldığında en iyi iletkenlik değeri polyester kumaşa elde edilmiştir. Bunun nedeni Polyester kumaşa tüm yüzey kaplanırken Pamuk ve pamuk karışımı yüzeyde iplikler arasında hala boşlukların kalmış olmasıdır. Şekil 7,8 ve 9 da PEDOT kaplanmış pamuk, polyester ve pamuk/polyester karışımı kumaşların yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 7 PEDOT kaplı pamuk kumaşın SEM görüntüsü



Şekil 8 PEDOT kaplı Polyester kumaşın SEM görüntüsü



Şekil 9 PEDOT kaplı Pamuk/Pes kumaşın SEM görüntüsü

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, baz ile inhibe edilen buhar fazında polimerizasyon yöntemi ile hazırlanan PEDOT kaplı tekstil kumaşlarının özellikleri üzerinde reaksiyon süresinin, sıcaklığın ve dopant konsantrasyonunun etkilerini araştırdık. Yüksek iletkenlik değerine sahip tekstil yüzeyler hazırlandı. Hem daha yüksek sıcaklıklar hem de daha uzun polimerizasyon süreleri, iletkenlikte benzer değişikliklerle sonuçlandı. Konsantrasyon belirli bir noktaya kadar iletkenliği arttırırken daha yüksek değerlerde daha düşük iletkenliğe sahip PEDOT kaplı tekstil yüzeyleri ile sonuçlandı.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bursa Uludağ Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

YILDIZ, Serkan (0000-0001-7162-7773)

HOCKENBERGER, Aslı (ORCID No)

KAYNAKLAR

- [1] M. N. Gueye, A. Carella, J. Faure-Vincent, R. Demadrille, and J. P. Simonato, "Progress in understanding structure and transport properties of PEDOT-based materials: A critical review," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 108, p. 100616, Feb. 2020.
- [2] S. N. Patel and M. L. Chabinye, "Anisotropies and the thermoelectric properties of semiconducting polymers," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 134, no. 3. 2017.
- [3] V. Coropceanu, J. Cornil, D. A. da Silva Filho, Y. Olivier, R. Silbey, and J. L. Brédas, "Charge Transport in Organic Semiconductors," *Chem. Rev.*, vol. 107, no. 4, pp. 926–952, Apr. 2007.
- [4] X. Crispin *et al.*, "The origin of the high conductivity of poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT-PSS) plastic electrodes," *Chem. Mater.*, vol. 18, no. 18, 2006.
- [5] B. Winther-Jensen and K. West, "Vapor-phase polymerization of 3,4-ethylenedioxythiophene: A route to highly conducting polymer surface layers," *Macromolecules*, vol. 37, no. 12, pp. 4538–4543, 2004.
- [6] A. J. Heeger, "Semiconducting and metallic polymers: The fourth generation of polymeric materials," *Curr. Appl. Phys.*, vol. 1, no. 4–5, 2001.
- [7] C. K. Chiang *et al.*, "Electrical conductivity in doped polyacetylene," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 39, no. 17, 1977.

- [8] S. Kirchmeyer and K. Reuter, "Scientific importance, properties and growing applications of poly(3,4-ethylenedioxythiophene)," *J. Mater. Chem.*, vol. 15, no. 21, 2005.
- [9] T. A. Skotheim and J. R. Reynolds, *Conjugated polymers: Processing and applications*, vol. 2. 2007.
- [10] G. Kaur, R. Adhikari, P. Cass, M. Bown, and P. Gunatillake, "Electrically conductive polymers and composites for biomedical applications," *RSC Advances*, vol. 5, no. 47. 2015.
- [11] A. M. Grancarić *et al.*, *Conductive polymers for smart textile applications*, vol. 48, no. 3. 2018.
- [12] A. Elschner, S. Kirchmeyer, W. Lövenich, U. Merker, and K. Reuter, "PEDOT: Principles and applications of an intrinsically conductive polymer," *PEDOT Princ. Appl. an Intrinsically Conduct. Polym.*, pp. 1–380, Jan. 2010.
- [13] Y. Xu, Y. Jia, P. Liu, Q. Jiang, D. Hu, and Y. Ma, "Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) as promising thermoelectric materials and devices," *Chem. Eng. J.*, vol. 404, no. June 2020, p. 126552, 2021.
- [14] D. Haynes and R. McCullough, "CHAPTER 9: Polythiophenes," pp. 180–200, Oct. 2013.
- [15] B. Winther-Jensen, J. Chen, K. West, and G. Wallace, "Vapor phase polymerization of pyrrole and thiophene using iron(III) sulfonates as oxidizing agents," *Macromolecules*, vol. 37, no. 16, pp. 5930–5935, 2004.
- [16] J. S. Choi, K. Y. Cho, and J. H. Yim, "Micro-patterning of vapor-phase polymerized poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) using ink-jet printing/soft lithography," *Eur. Polym. J.*, vol. 46, no. 3, pp. 389–396, Mar. 2010.
- [17] R. Brooke, P. Cottis, P. Talemi, M. Fabretto, P. Murphy, and D. Evans, "Recent advances in the synthesis of conducting polymers from the vapour phase," *Progress in Materials Science*, vol. 86. 2017.
- [18] R. Brooke *et al.*, "Vapor phase synthesized poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-trifluoromethanesulfonate as a transparent conductor material," *J. Mater. Chem. A*, vol. 6, no. 43, pp. 21304–21312, 2018.
- [19] A. T. Lawal and G. G. Wallace, "Vapour phase polymerisation of conducting and non-conducting polymers: A review," *Talanta*, vol. 119. 2014.

- [20] D. Wu *et al.*, “Temperature dependent conductivity of vapor-phase polymerized PEDOT films,” *Synth. Met.*, vol. 176, pp. 86–91, Jul. 2013.
- [21] K. Zuber, M. Fabretto, C. Hall, and P. Murphy, “Improved PEDOT Conductivity via Suppression of Crystallite Formation in Fe(III) Tosylate During Vapor Phase Polymerization,” *Macromol. Rapid Commun.*, vol. 29, no. 18, pp. 1503–1508, Sep. 2008.
- [22] B. Winther-jensen and K. West, “Postprint Stability of highly conductive poly-3, 4-ethylenedioxythiophene (PEDT),” pp. 0–14, 2006.
- [23] J. P. Lock, “Chemical Vapor Deposition of Conjugated Polymeric Thin Films for Photonic and Electronic Applications,” p. 133, 2005.
- [24] J. P. Lock, S. G. Im, and K. K. Gleason, “Oxidative chemical vapor deposition of electrically conducting poly(3,4-ethylenedioxythiophene) films,” *Macromolecules*, vol. 39, no. 16, 2006.
- [25] T. Le Truong *et al.*, “Surface smoothness and conductivity control of vapor-phase polymerized poly(3,4-ethylenedioxythiophene) thin coating for flexible optoelectronic applications,” *Thin Solid Films*, vol. 516, no. 18, pp. 6020–6027, Jul. 2008.
- [26] T. Le Truong *et al.*, “Surface smoothness and conductivity control of vapor-phase polymerized poly(3,4-ethylenedioxythiophene) thin coating for flexible optoelectronic applications,” *Thin Solid Films*, vol. 516, no. 18, pp. 6020–6027, 2008.
- [27] A. Abbotto *et al.*, “Pyridine-EDOT heteroarylene-vinylene donor-acceptor polymers,” *Macromolecules*, vol. 43, no. 23, pp. 9698–9713, 2010.
- [28] S. Yildiz, J. Cai, and Q. Fan, “Effects of solvents on the electrical resistance of poly (3,4-ethylenedioxythiophene) on textiles,” in *Advanced Materials Research*, 2012, vol. 441.

CHAPTER 3

KOMPOZİTLER COMPOSITES



Promising Materials Development Using PLA

Behnam Pourdeyhimi² & Hamid Ebrahimi¹



¹Eastman Chemical

²The Nonwovens Institute

Abstract:

This presentation will focus on the opportunities for new materials based on PLA and PLA blends with other biopolymers.

The talk will also highlight the ongoing activities dealing with polymer blends at the Nonwovens institute. Emphasis will be placed on enhancements achieved through blending PLA with other biopolymers such as PDLA, PBS, and other biopolymers. Such blends offer promising new opportunities for using biopolymers in a myriad of new applications not previously possible.

Creating Multifunctional Materials Platforms from Textiles & Fibers: From Superhydrophobic Surfaces to Enhanced Food Security and Gas Sorption

Saad A. Khan



Department of Chemical & Biomolecular Engineering
North Carolina State University

Abstract:

In this presentation, we will present vignettes of various research projects in our group, the focus of which have primarily been on using textiles or fibrous matrices to develop novel functional materials. Examples will be drawn from: (a) *superhydrophobic, abrasion resistant and breathable textiles*, wherein coatings composed of branched nanoparticles (fumed silica) and polydimethylsiloxane-polyurethane copolymers are synthesized as aqueous dispersions. The use of these coatings on textiles substrates are examined in terms of the mechanisms of interactions and the functionalities they provide. (b) *material platform for improved food security*, in which biodegradable plant-based fibrous matrices are used as agricultural solutions to enhance crop protection globally. Fibrous matrices impregnated with pesticides are used as seed treatments to prevent nematode infestation. We discuss the use of this approach in field trials in Sub-Saharan Africa, and the role it is playing there in increased crop yield and quality. (c) *lignocellulose fibrous matrix for robust fabrication of Metal Organic Frameworks (MOFs)*, where we develop a sustainable approach to integrate MOF via vapor phase synthesis, on a cost-effective and mechanically strong fibrous substrate developed from lignocellulose biomass of banana harvest. Unlike conventional substrates, the functionalities of MOFs are fully retained within these composites showing promise for use as antibacterial surfaces, CO₂ adsorption and VOC sensor.

Sustainable and Advanced Industrial Fabrics

Seshadri Ramkumar



Texas Tech University
S.Ramkumar@ttu.edu

ABSTRACT

In this talk, some new development in advanced textile substrates that find applications in defense, filtration and industrial applications such as oil spill will be discussed. Given the need for sustainability, how best the advanced and industrial textile sector can adapt to the requirement will be discussed with a model.

Carbon Based Multidimensional and Multifunctional Polymer Nano Composites by Hybrid Approach

Levent TRABZON



MEMS Research Center Faculty of Mechanical Engineering, Istanbul Technical University,
Istanbul, Turkey

Abstract:

Nanomaterials were used to enhance desired properties of polymeric matrices. Combining varied carbon-based with dissimilar dimensions can lead to synergy through effective dispersion. In this study, we have successfully introduced 0-, 1- and 2-dimensional of quantum dots (QDs), carbon nano tubes (CNTs) and graphene nanoplatelets (GNPs), respectively, to induces considerable multifunctionality in the polyurethane (PU) material. Specifically, mechanical, thermal, acoustic and dielectric properties of polyurethane (PU) hybrid nanocomposites were investigated. PU containing multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) and graphene nanoplatelets (GNPs) were used to evaluate the effects of single and hybrid nanofillers on the final properties of nanocomposites. The results showed a synergistic effect between nanofillers, in which the hybrid nanocomposites exhibit better performance, relative to the single inclusion of the nanofillers. These hybrid nanofillers improved dispersion quality in the polymer matrix due to the formation of a GNPs/CNTs 3D architecture, in which tensile strength, thermal conductivity, acoustic transmission loss and dielectric constant of PU were enhanced by about 43%, 5%, 51% and 13% at 0.25 wt. % loadings, respectively. Moreover, PU with binary CNT/CQD and ternary GNP/CNT/CQD nanocomposites revealed higher mechanical properties and thermal stability, in which tensile strength and elastic modulus of PU enhanced up to about 54% and 71% at a very low concentration of 0.25 wt. %, respectively. The overall properties of the hybrid nanocomposite revealed the superiority over the single nanofiller system in multifunctionality, evaluated by a performance index. Thus, there will be a large room at the bottom to improve mechanical and materials properties of polymeric materials and it is even further enhanced with machine learning to predict and to manufacture polymer nanocomposites in a customized way.

Improvement of Mechanical and Thermal Properties of Graphene, Carbon Nanotube and Carbon Nanofiber Reinforced Nanocomposites

ÖZDEMİR, Merve¹, DİLSİZ, Nursel², ÖZ, Yahya¹

¹Turkish Aerospace, Engineering Executive Vice Presidency, R&D and Technology Directorate

²Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Chemical Engineering

merve.ozdemir@tai.com.tr, ndilsiz@gazi.edu.tr, yahya.oz@tai.com.tr

SUMMARY

In this study, it is aimed to distribute graphene nanoplatelet, carbon nanotube nanoribbon and carbon nanofiber nanomaterials into epoxy resin homogeneously by using a three roll mill and to improve thermal and mechanical properties of the obtained nanocomposite. In this context, nanomaterials were first added to the epoxy resin. The resulting resin-nanomaterial mixture was mixed using the three roll mill. The nanocomposite material was obtained by adding a hardener to the mixture, first degassing and then curing at 120°C for 4 hours. It is further planned to evaluate the effects of nanomaterials on nanocomposites by performing thermal and mechanical analyzes of nanocomposites produced at concentrations of 0.05%, 0.1%, 0.2% and 0.5%.

OBJECTIVES

In this study, it is aimed to distribute various nanomaterials homogeneously into an aerospace grade epoxy resin using a three roll mill and to improve the thermal and mechanical properties of the obtained nanocomposite. Within this regard, the effects of three different nanomaterials used on the nanocomposite will be compared.

INTRODUCTION

In recent years, thermoset polymer matrix composites have been increasingly used in various engineering applications due to their easy processing properties, good frictional resistance and high processing temperatures¹. Epoxies, polyesters, phenolics, polyamides, polyethylenes and polyimides are among the thermoset polymers. Although thermoset polymers have different properties from each other; the most widely used is epoxy resin. Features such as high strength, low viscosity and low flow rates that ensure good wetting of the fibers during processing and prevent deflection, and low volatility during drying are some of the reasons for the widespread use of epoxy².

A polymer nanocomposite is a composite material comprising a polymer matrix and an inorganic dispersive phase that has least one dimension that is

nanometric in scale³. Polymer nanocomposites attract attention as a new nanocomposite product in both academic and commercial fields due to their many advantageous properties. Nanoparticles, nanotubes and nanofibers are the main reinforcement elements used in the production of nanocomposite materials.

Carbon nanotubes (CNT), which are used as reinforcement elements in polymer nanocomposite materials, have low density, high strength, large surface area, high thermal and electrical conductivity, etc. They are unique nanomaterials known for their properties. Graphene nanoplates (GNPs), on the other hand, are of particular interest as a supplement for epoxies due to their low density (1.8–2.0 g/cm³), excellent electrical, thermal and mechanical properties (modulus: 1 TPa) and extremely high aspect ratio⁴.

Carbon nanofibers (CNF) are also used as reinforcement elements in polymer nanocomposites. Zhou et al.⁵ aimed to improve the mechanical properties by using carbon nanofiber reinforcement elements in carbon/epoxy composites and added carbon nanofibers to the epoxy at a ratio of 1-2-3% by weight. They stated that the tensile strength increased by 11%, the bending strength by 22%, and the fatigue strength increased significantly thanks to the carbon nano fiber additives of this composite material they produced.

It is crucial to distribute the nanoparticles homogeneously in the matrix in order to obtain effective results in the use of reinforcing materials in nanocomposite materials and to observe the same properties in every aspect of the nanocomposite. In order to provide a homogeneous distribution, methods such as ultrasonication, three roll milling, ball milling and extrusion are widely used. Among these methods, the three roll mill is one of the finest methods because it does not contain a solvent, is scalable, cuts the entire volume of the material evenly, and can easily handle high nanotube loadings. In a three roll mill system, it is possible to obtain homogeneous results with the

high shear stress created by the adjustable rotation speed and the gap between the rollers.

The objective of this study is to homogeneously distribute the GNP, CNF and CNT nanoribbon nanomaterials into the epoxy resin using a three roll mill and to improve the thermal and mechanical properties of the obtained nanocomposite.

EXPERIMENTAL

Material

In this study, Araldite LY5052 epoxy resin and Aradur HY5052 hardener, supplied from Huntsman company, were used as matrix material. Araldite LY5052 epoxy resin is the one of the most preferred resins in the aviation industry and has a very low viscosity. GNP, CNF and CNT Nanoribbon nanomaterials were used as reinforcement material. All of the nanomaterials used were supplied from Nanografi and their dimensions are listed in Table 1. RenLease QZ 5111 supplied from Huntsman company was used as a mold release agent.

Table 1. Dimensions of nanomaterials

Nanomaterial	Dimension	Purity (%)
Graphene nanoplatelet	Thickness: 3 nm Diameter: 1.5 μm Specific Surface Area: 800 m^2/g	99.9
Carbon nanotube nanoribbon	Outer diameter: 20-30 nm Inner diameter: 5-10 nm Length: 10-30 nm Specific Surface Area: 110 m^2/g	> 95
Carbon nanofiber	Outer diameter: 190-590 nm Length: 5.0-55.0 μm Specific Surface Area: 20 m^2/g	> 96

Method

In the experimental study, a Torrey Hills/TM65 brand three roll mill, with its working principle shown in Figure 1, was used in order to distribute the nanomaterials homogeneously in the resin. With the three roll mill, it is aimed to obtain more homogeneous results compared to other methods in the literature.

In the first step, GNP and CNT nanoribbon were mixed with epoxy resin at doping ratios of 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.5% by weight. Since CNF increases the viscosity of the resin, it was used at doping rates of 0.05%, 0.1%, 0.2% by weight. The resulting resin-nanomaterial mixture was mixed using the three roll mill. Hardener was added to the homogeneous mixture obtained. Then, the mixture poured into metal molds was degassed under high vacuum. Finally, the mixture was cured at 120°C for 4 hours and samples were produced.

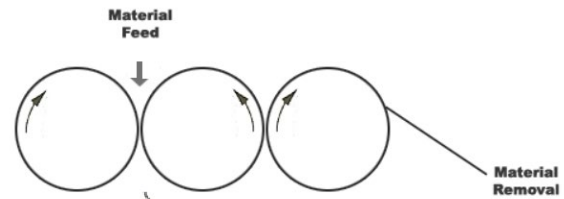


Figure 1. Three roll mill

EXPERIMENTAL RESULTS/ DISCUSSION

As a result of the experimental studies, in the first step, resin and 3 different nanomaterials were mixed with the three roll mill, and in the second step, 11 samples were produced by degassing the obtained homogeneous mixture in the oven and then curing. Images of the samples produced at different concentrations are given in Figure 1, Figure 2 and Figure 3.



Figure 1. GNP-added samples



Figure 2. CNT nanoribbon-added samples



Figure 3. CNF-added samples

First of all, SEM analysis will be performed on the produced samples in order to observe the distribution of nanomaterials in the resin. Afterwards, it is planned to complete the analysis studies by performing mechanical and thermal analyzes.

GENERAL RESULTS

With the experimental study, 11 samples were produced by using three types of nanomaterial additives. Produced samples were cut in appropriate sizes with a water jet. After the analyzes of the cut samples are completed, improvements in the mechanical and thermal properties of the obtained nanocomposite material are expected.

SUGGESTIONS FOR FUTURE STUDIES

After the mechanical and thermal analyzes are completed, it is expected that the samples that give the most promising results can be combined with carbon fiber reinforcement materials and used in the production of composite materials.

ACKNOWLEDGMENTS/INFORMATION/FUND SOURCE

The financial support provided under the TÜBİTAK 1004 program (project 20AG001.) was utilized for the materials used in the experimental studies. In addition, we would like to thank Nanografi and the Institute of Materials Science and Nanotechnology at Bilkent University for providing the necessary infrastructure.

RESOURCES

[1] Yılmaz Doğan, H., Altın, Y. ve Çelik Bedeloğlu, A. 2021. "Grafen takviyeli epoksi nanokompozitlerin

özelliklerinin incelenmesi", Politeknik Dergisi, 24(4), 1719-1727.

[2] Yaşaroğlu, İ. 2020. Karbon Fiber-Epoksi, Balsa Sandviç Malzemesinin İmalatı, Modellenmesi ve Davranışlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 10-11.

[3] Novoselov, K. S., Jiang, D., Schedin, F., Booth, T. J., Khotkevich, V. V., Morozov, S. V., and Geim, A. K. 2005. "Two-dimensional atomic crystals", Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(30), 10451-10453.

[4] Zhou, Y., Pervin, F., Jeelani, S., Mallick, P. K. 2008. "Improvement in mechanical properties of carbon fabric-epoxy composite using carbon nanofibers", Journal of Materials Processing Technology, 198, 445-453.

[5] Passador, F. R., Ruvolo-Filho, A., and Pessan, L. A. 2017. Nanocomposites of polymer matrices and lamellar clays. In Nanostructures (pp. 187-207). William Andrew Publishing.

Effect of Carbon Fiber Reinforcement on Dimensional Variations of 3D Printed Polyamide-6 Composites: A Simulation Study

Al Rashid, Ans ¹, Ikram, Hamid ¹, Koç, Muammer ¹

¹Division of Sustainable Development, College of Science and Engineering, Hamad Bin Khalifa University, Qatar Foundation, Doha 34110, Qatar

anrashid@hbku.edu.qa

Al Rashid, Ans (0000-0002-1563-8539)

Ikram, Hamid (0000-0002-9450-7851)

Koç, Muammer (0000-0001-6543-8116)

SUMMARY

In the study, we performed the 3DP process simulations using Digimat® software for carbon fiber-reinforced polyamide-6 (PA6) composites fabricated via the fused filament fabrication (FFF) process to evaluate the effect of reinforcement content on deflections, warpages, and process-induced residual stresses. The FFF process simulations were performed to fabricate tensile testing coupons with pure PA6 and 10-28% CF-reinforced PA6 composites. A significant impact of CF-reinforcement was observed on the deflections, warpages, and residual stresses. The CF reinforcement significantly improved the 3DP manufacturing performance of PA6/CF composites, with reduced deflections and warpages.

Preparation of Halloysite Nanotube-Tertiary Amine Thermoset Nanocomposites via Free Radical Photocrosslinking Polymerization

BEKİN AÇAR, Seda¹, TAŞDELEN, Mehmet Atilla¹

¹Yalova University, Polymer Materials Engineering Department

seda.acar@yalova.edu.tr

SUMMARY

In the present study, naturally available halloysite nanotubes (HNTs) were first modified by 4-(dimethylamino) benzoic acid and then used as nanofiller by varying weight from 0 to 8% in a mixture of multifunctional methacrylates (bisphenol A-dimethacrylate and triethylene glycol dimethacrylate). Free radical photocrosslinking of this mixture enabled the in-situ preparation of functional-HNT/thermoset nanocomposites. The presence and covalent bonding of HNT in the thermoset matrix were confirmed by following characteristic bands of the nanofiller, neat thermoset, and final nanocomposite using Fourier transformed infrared spectroscopy (FT-IR). The obtained thermoset nanocomposites were also evaluated in terms of mechanical properties. It was revealed that the presence of HNT-Tertiary amine in the thermoset matrix increased the mechanical properties of the nanocomposites. Tensile strength, elastic modulus, and elongation at break values of nanocomposites were dramatically increased with increasing amount of HNT-Tertiary amine up to 4% ratio.

PURPOSE

The main purpose of this study is to prepare thermoset nanocomposites containing HNT known as natural nanotubes with UV light curing systems. HNT nanotubes are natural compounds that can be easily converted into various functional groups of hydroxyl groups on the inner and outer surface. HNT nanotubes have large surface area provide high mechanical and thermal properties to the polymer matrix. HNTs also offer an alternative to carbon nanotubes due to their structural similarity and low cost. Thus, it is estimated that the use of HNT-polymer nanocomposites will become more widespread due to its superior properties.

INTRODUCTION

Polymer nanocomposites are multi-phase solid materials with at least one phase of nanometer size. These materials can be produced in various ways with one-dimensional (clay layers, etc.), two-dimensional (carbon or halloysite nanotubes and beard-whiskers, etc.) and three-dimensional spherical and polyhedral (colloidal silica, metal and POSS) nanoparticles¹. The use of nanofillers in the polymer matrices enables enhanced physical, thermal and mechanical properties. Therefore, they can be used in many new applications, such as sensors, optical materials, medical applications, computer circuit isolation, protective coatings, adhesives, and aerospace composites^{2,3}.

HNT is a one-dimensional new generation natural nanofiller including large aspect ratio, natural availability, good biocompatibility, and high mechanical strength properties^{4,5}. In addition, HNT-polymer nanocomposites can be prepared at low cost and with high mechanical, thermal and biological properties⁵. HNT also has potential in controlled release applications of active agents. Thanks to these unique properties, HNT can be utilized instead of expensive carbon nanotubes (CNTs) used in high performance and multifunctional nanocomposites⁶. The use of HNT in polymer composite applications provides numerous advantages⁷. However, it is necessary to optimize the nanotube distributions and charge transfer to improve the properties of the designed composites. The interface between the nanotube and the polymer matrix is also important. Therefore, the modification of HNTs is very important in terms of improving the properties of HNT-polymer nanocomposites. Modified nanotube-based polymer nanocomposites exhibit improved mechanical and thermal properties. The modification process improves disintegration and strain-strain transfers. There are two important modification approaches, which are covalent and non-covalent modification^{8,9}. The modification method should be chosen based on the type of polymer matrix and the cost of method. The most common modification method of HNTs is the grafting of silanes to HNTs by condensing hydrolyzed silanes and hydroxyl groups on the HNT surface.

BEKİN AÇAR, Seda (0000-0002-5448-3437)
TAŞDELEN, Mehmet Atilla (0000-0002-7012-7029)

UV curing is an easy-to-apply, time-controlled and environmentally friendly process that provides ultra-fast production¹⁰. UV curable acrylates, methacrylates or epoxide containing systems containing various nanofillers such as clay, metal, POSS, nanotubes and silicas have been successfully prepared in the form of intercalated or fully dispersed (exfoliated) nanocomposites with the help of UV curing¹¹.

EXPERIMENTAL

Materials

Halloysite nanotubes (Sigma-Aldrich) as nanofiller, 4-(dimethylamino) benzoic acid (98%, Sigma-Aldrich) as silylation agent, bisphenol A-dimethacrylate (Bis-GMA, >98%, Sigma-Aldrich) and triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA, 95%, Sigma-Aldrich) as multifunctional methacrylates, benzophenone (BP, 99%, Sigma-Aldrich) as photoinitiator, toluene (ACS reagent, Merck), and methanol (100%, VWR) were used as received.

Method

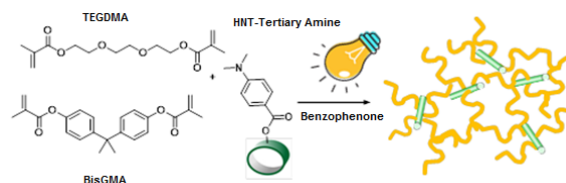
Synthesis of Tertiary Amine-functional Halloysite (HNT-Tertiary amine)

The neat HNT (2 g, dried before at 100 °C for one day) was dispersed in 50 ml of toluene under ultrasound for 30 min. Then, the solution was placed in a reactor equipped with a magnetic stirrer and purged with nitrogen for 15 minutes. Subsequently, 4-(dimethylamino) benzoic acid (3.46 g, 0.021 mol), silylation agent, was added to the mixture and degassed again with nitrogen prior to the reflux at 110 °C for 18 h. The resulting mixture was then cooled at room temperature, filtered, and washed with toluene for several times to remove the residual unreacted 4-(dimethylamino) benzoic acid. The HNT-Tertiary amine solid phase was obtained by centrifugation and dried under vacuum at 60 °C for 48 hours (yield =94%).

Preparation of HNT-Tertiary Amine Thermoset Nanocomposites

HNT-Tertiary amine thermoset nanocomposites were prepared by free radical photopolymerization of Bis-GMA and TEGDMA monomer pair with benzophenone photoinitiator in the presence of HNT-Tertiary amine. Firstly, Bis-GMA (1 g, 1.95 mmol) and TEGDMA (1 ml, 3.50 mmol) were placed in a flask and mixed to obtain a homogeneous solution via vortex and ultrasonication. Then, functional HNT (1, 2, 4 or 8 % by weight) was added to the mixture and homogeneously distributed by the help of vortex and ultrasonication at room temperature. Finally, BP (1%) was added to the mixture, then the final solution was poured into double-eyed mold and placed in the center of a photoreactor equipped with 16 lamps (Philips 8W/06) emitting at 300–400 nm at room temperature.

At the end of the irradiation, the prepared nanocomposites were washed with methanol for purification. Final products were dried in a vacuum oven at 40 °C for 12 hours. All other polymerizations were performed under identical experimental conditions.



Scheme 1. Preparation of HNT-Tertiary amine thermoset nanocomposite films by free radical photopolymerization

RESULTS AND DISCUSSION

In this work, hydroxyl groups located on the inner or outer surface of HNTs were functionalized with 4-(dimethylamino) benzoic acid as silylation agent to form tertiary amine-functional halloysite nanotubes (HNT-Tertiary amine). As stated previously, tertiary amine based thermoset nanocomposites with HNT nanofillers were prepared by free radical photopolymerization of Bis-GMA and TEGDMA multifunctional methacrylate monomers. Successful tertiary amine functionalization of HNT was confirmed by FT-IR spectroscopy (Figure 2). Thus, the peaks of the aromatic group were detected in the region of 3050 cm⁻¹, 1540 cm⁻¹, 750 cm⁻¹ and 680 cm⁻¹¹². A characteristic band was the adsorption due to the carbonyl (C=O) stretching vibrations 1730 to 1630 cm⁻¹ for aryl carboxylic acids. The band seen between 1630-1565 cm⁻¹ was assigned to the aromatic C=C stretching. The other characteristic peaks of Al-OH (stretching, 3683 cm⁻¹), Si-OH (bending, 3625 cm⁻¹), Si-O (bending, 1034 cm⁻¹), and Al-OH (bending, 940 cm⁻¹) were also observed in Figure 2. Then, the thermoset nanocomposites containing different concentrations of HNT-Tertiary amine nanofiller (0, 1, 2, 4 or 8% by weight) were obtained according to Scheme 1.

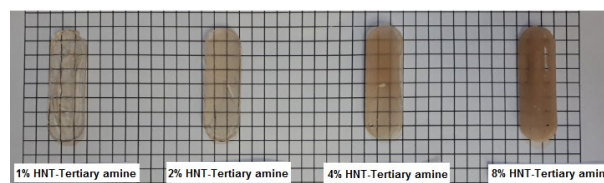


Figure 1. HNT-Tertiary amine thermoset nanocomposite films

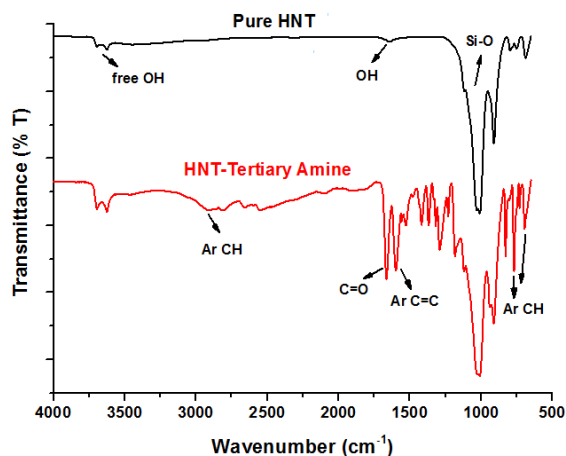


Figure 2. FT-IR spectra of pure HNT and HNT-Tertiary amine.

The chemical structure of HNT-Tertiary amine/thermoset nanocomposites was also characterized by FT-IR (Figure 3). Compared to neat epoxy thermoset polymer, the FT-IR spectrum of HNT-Tertiary amine sample showed the characteristic Al-OH (stretching, 3600 cm^{-1}), Si-O (bending, 1100 cm^{-1}) and Al-O (bending, 940 cm^{-1}) peaks of HNT confirming the presence of halloysite in the thermoset matrix. In addition, in the FT-IR spectrum of the thermoset polymer, the observation of the C-H (stretching) bonds at 2900 cm^{-1} and the C = O bonds at 1730 cm^{-1} was evidence of the successful synthesis of thermoset nanocomposites.

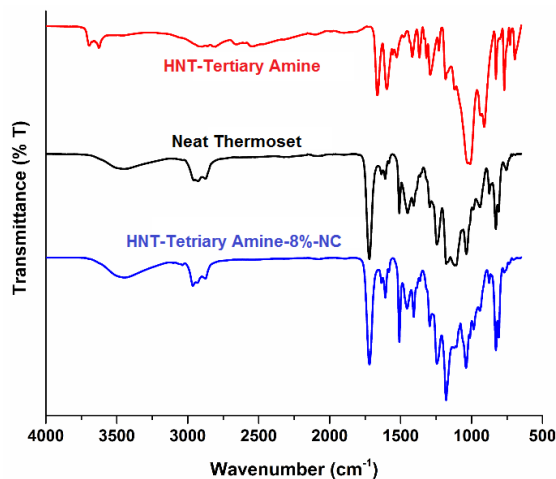


Figure 3. Comparison of FT-IR spectra of HNT-Tertiary amine, neat thermoset, and HNT-Tertiary amine-8% nanocomposites.

Mechanical properties of HNT-Tertiary amine nanocomposites were examined by tensile test and compared with the neat thermoset sample. Test results were presented in Figure 4 and summarized in Table 1.

Based on the tensile test results, the tensile strength, elastic modulus, and percent elongation values of all HNT-Tertiary amine nanocomposites were higher than those of the neat thermoset polymer. Especially, the adding of 4% of modified HNT into thermoset polymer matrix increased its tensile strength by 2.9 times from 5.51 MPa (neat thermoset polymer) to 15.96 MPa (the nanocomposite), while the elastic modulus and the elongation at break were 1.9 and 1.3 times higher in HNT-4%-NC than the corresponding neat thermoset, respectively (Table 1). Such behavior is due to the contribution of covalently bonded HNT nanotubes to mechanical reinforcement by limiting polymer chain movement under loading. However, elastic modulus, tensile strength and percent elongation values of nanocomposites decreased with the addition of 8% HNT-Tertiary amine, which could be attributed to possible agglomerations.

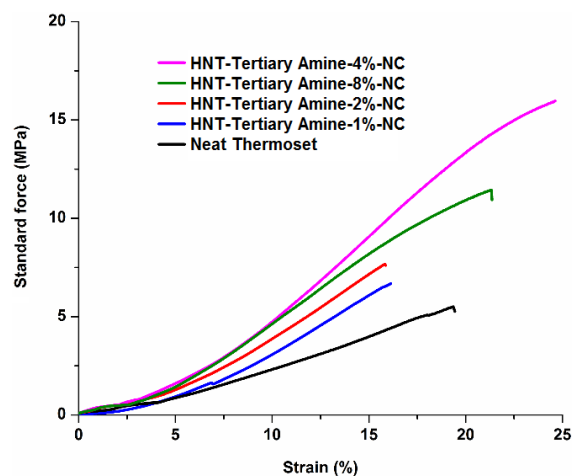


Figure 4. Stress-strain curves of neat thermoset and HNT-Tertiary amine/thermoset nanocomposites

Table 1. Mechanical properties of neat thermoset and HNT-Tertiary amine/thermoset nanocomposites

Sample	Elastic Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Percent Elongation (%)
Neat Thermoset	18.47	5.51	19.35
HNT-Tertiary Amine-1%-NC	19.22	6.68	16.12
HNT-Tertiary Amine-2%-NC	20.64	7.67	15.81
HNT-Tertiary Amine-4%-NC	36.02	15.96	24.63
HNT-Tertiary Amine-8%-NC	21.15	11.43	21.28

CONCLUSION

In conclusion, HNT-Tertiary amine/thermoset nanocomposites were successfully prepared by in-situ free radical photocrosslinking polymerization of multifunctional methacrylates. The covalent bonding of HNT-Tertiary amine with thermoset networks was confirmed by FT-IR spectroscopy. The final nanocomposites demonstrated higher mechanical properties rather than neat thermoset polymer. Tensile strength in pure thermoset polymer was 5.51 MPa, whereas in thermoset nanocomposite containing 4% HNT-Tertiary amine, tensile strength increased up to 15.96 MPa. After higher loading ratio, the mechanical properties decreased due to possible agglomerations.

SUGGESTION FOR FURTHER WORK

In the following period, the obtained nanocomposites should also be evaluated in terms of thermal properties. In addition, different functional groups and modification methods can be determined for the preparation of thermoset nanocomposites.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCES OF FUNDING

This project was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) (Project no 216Z150). We offer our gratitude for their supports.

REFERENCES

1. Jordan, J., et al., Experimental trends in polymer nanocomposites—a review. 2005. 393(1-2): p. 1-11.
2. Durmaz, Y.Y., et al., Light induced processes for the synthesis of polymers with complex structures, in New smart materials via metal mediated macromolecular engineering. 2009, Springer. p. 329-341.
3. Tasdelen, M.A. and Y.J.A.J.o.C. Yagci, Photochemical methods for the preparation of complex linear and cross-linked macromolecular structures. 2011. 64(8): p. 982-991.
4. Turp, O., et al., Halloysite Containing Thermoset Nanocomposites via Free Radical Photocrosslinking Polymerization. 2020. 221(21): p. 2000197.
5. Acar, S.B., et al., In-situ preparation of halloysite nanotube-epoxy thermoset nanocomposites via light-induced cationic polymerization. 2021. 158: p. 110682.
6. Vergaro, V., et al., Cytocompatibility and uptake of halloysite clay nanotubes. 2010. 11(3): p. 820-826.
7. Zahidah, K.A., et al., Halloysite nanotubes as nanocontainer for smart coating application: A review. 2017. 111: p. 175-185.
8. Byrne, M.T. and Y.K.J.A.m. Gun'ko, Recent advances in research on carbon nanotube-polymer composites. 2010. 22(15): p. 1672-1688.
9. Joussein, E., et al., Halloysite clay minerals—a review. 2005. 40(4): p. 383-426.
10. Amerio, E., et al., Preparation and characterization of hybrid nanocomposite coatings by photopolymerization and sol-gel process. 2005. 46(25): p. 11241-11246.
11. Yagci, Y.J.J.o.C.T. and Research, New photoinitiating systems designed for polymer/inorganic hybrid nanocoatings. 2012. 9(2): p. 125-134.
12. Altinkok, C., et al., In situ synthesis of polymer/clay nanocomposites by type II photoinitiated free radical polymerization. 2011. 49(16): p. 3658-3663.

Effect of okra bast fillers on biodegradation properties of poly(vinyl alcohol) composites

Gazi Md Arifuzzaman KHAN¹, Nazire Deniz YILMAZ^{2,*}

¹ Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering, Islamic University, Kushtia, Bangladesh

² Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Uşak University, Uşak, Turkey

*Correspondence: naziredyilmaz@gmail.com, nazire.yilmaz@usak.edu.tr

Gazi Md Arifuzzaman KHAN (0000-0002-4233-9868)

Nazire Deniz YILMAZ (0000-0002-8605-774X)

Abstract: This paper focuses on effect of okra bast fillers on biodegradation of poly(vinyl alcohol) composites. Fibers were obtained from okra plant stems via biological degumming and subjected to different chemical treatments such as scouring, alkalizing, maleic anhydride treatment and vinyl acetate grafting. The fibers were ground and PVA-okra bast filler composites were produced at 20 wt% fiber load via solution casting method. The obtained composites were tested in terms of mechanical properties and exposed to biodegradation in soil. Effects of okra bast filler addition and chemical treatments on changes in mass, breaking strength, elasticity modulus and breaking elongation of composites upon soil biodegradation were determined. The composites can be considered for utilization in packaging and agricultural applications.

Key words: Agroresidue, biocomposite, biodegradation, mechanical properties, okra bast fiber, poly(vinyl alcohol)

Acknowledgement

This work was supported by the TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) [BIDEB 2221]

A quantitative study on the pore morphology for the fabricated Polysulfone and Polysulfone/Polyvinylpyrrolidone membranes

REEMA H. ALASFAR^{1*}, VIKTOR KOCHKODAN², and MUAMMER KOÇ¹

¹Division of Sustainable Development, College of Science and Engineering, Hamad bin Khalifa University, Qatar Foundation, Education City, Doha, Qatar

²Qatar Environment and Energy Research Institute, Hamad bin Khalifa University, Qatar Foundation, Education City, Doha, Qatar

*Correspondence: Reema H. Alasfar1, rhalasfar@hbku.edu.qa

Abstract: In this study, polysulfone (PSF) membranes with three different concentrations of polyvinylpyrrolidone (PVP) (1 wt.%, 3 wt.%, and 5 wt.%) were prepared through the phase inversion method. Experiments are carried out to quantitatively characterize the microstructure of the fabricated polymeric membranes. ImageJ software was used to perform a quantitative analysis of the enlarged bottom cross-section Scanning Electron Microscopy (SEM) images. The pore size distribution, average pore size, and average cross-section porosity are determined for pure PSF and PSF/PVP membranes. The average cross-section porosity is 42% for pure PSF membranes. Additionally, based on the analysis of the pore morphology for the PSF/PVP membranes (1 wt.%, 3 wt.%, and 5 wt.%), their average porosity values are: 47.43%, 50.03%, and 50.47%, respectively. To the best of our knowledge, this is the first time that a quantitative analysis is carried out for PSF/PVP membranes with different PVP loadings using ImageJ software to investigate the membranes' pore morphology. Investigation of the membranes' pore morphology is crucial as it has an important impact on different membrane properties (e.g.: mechanical properties) for several applications such as in the field of water treatment.

Key words: polymeric membranes, pore morphology, polysulfone, quantitative analysis.

Introduction

Characterization of porous membranes is of great importance. Porosity, pore size, pore distribution, and tortuosity strongly influence the morphology, structural features, mechanical properties, etc. For different applications, membranes are required to have good mechanical strength, stability, and durability in addition to controllable porosity and filtration functionalities. For example, for the water treatment application, polymeric membranes with low mechanical strength may fail at high operating pressure as the porous membrane experiences physical compaction.

Therefore, it is important to characterize porous membranes. Microscopy is a powerful and a reliable method to characterize the morphology of a

membrane through observation of the surface and cross section of the membrane. SEM and transmission electron microscopy (TEM) are typically used to obtain visual data on the pore size, pore size distribution and porosity [1]. Polymeric membranes are non-conducting materials and hence they require to be coated with a thin metallic layer to prevent the electrostatic charging [2]. To observe the cross section, cutting of the sample is done using liquid N₂ [1].

It is necessary to observe several samples of the membrane to acquire a comprehensive study of the pore morphology [2]. In addition, there are many software available to process the surface and cross section images and obtain measurements on the area of pores and total area which is used to determine the porosity [2,3]:

$$\text{Porosity (\%)} = \frac{\text{Pores Area}}{\text{Total Area}} \cdot 100\%$$

As an example, one study has investigated the porosity, pore size and pore area distribution for a hollow fiber membrane (HFM) mixed with commercial PSF through analyzing the field emission scanning electron microscopy (FESEM) using a digital image processing package (IPP) [4]. The aim of this paper is to study the porosity, pore size and pore size distribution for the prepared pure PSF membrane and PSF membranes with different loadings of PVP. A quantitative analysis is carried out through image processing of the SEM cross-section images of the membranes via ImageJ software. Image processing is considered as a convenient method to determine the porosity, pore size distribution, and average pore size [4].

Materials and method

Materials

For the synthesis of the membrane, polysulfone (PSF) pellets (average molecular weight (Mw) ~35,000), N,N-dimethylacetamide (DMAc, purity ≥99%), polyvinylpyrrolidone (PVP with average Mw 10,000) are purchased from Sigma-Aldrich.

Method

First, 18 wt.% PSF was left to dissolve in 82 wt. % DMAc solution for 24 hours at room temperature using a magnetic stirrer. For the preparation of PSF/DMAc solution with PVP, a probe sonicator was used to ensure the dissolving of PVP in the homogenous PSF/DMAc solution. Membranes with three different concentrations of PVP were prepared and then a quantitative analysis is carried out using ImageJ software. Previous papers in the literature have used different loadings and different molecular weights of PVP for the preparation of PSF membrane. Based on previously reported values in literature, three different loadings of PVP were chosen to be: 1 wt.%, 3 wt. %, and 5 wt.%. Before membrane casting, the casting solution is degassed in a water bath at 25 °C for 30 min to remove air bubbles. The membranes are prepared through the phase inversion method. The casting solution is poured onto a clean and dry glass plate. The glass plate is immersed into the coagulation bath of deionized (DI) water. After that, the membrane is rinsed and stored in DI water for 24 hours to remove any remaining solvent.

Results and Discussion

Scanning Electron Microscopy (SEM) is used to visualize the pore morphology of the fabricated pure PSF and PSF/PVP membranes. SEM is very helpful in studying the porosity and pore size distribution of the membranes. Liquid nitrogen was used to obtain the cross-section of the membrane samples before their coating with a 5 nm gold layer. Cross-section SEM images are analyzed through ImageJ software. SEM characterization of pure PSF membrane is done to study the pore morphology. Both top surface and cross-section images are obtained via SEM. Three randomly selected samples were chosen for the cross-section image analysis. Figure 1 illustrates the top surface and cross-section SEM images for pure PSF.

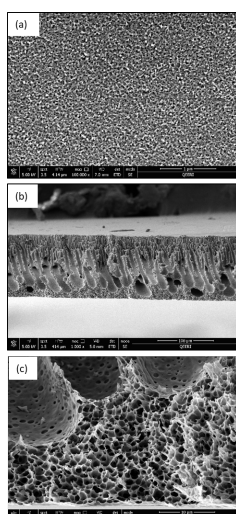


Figure 1. SEM images of pure PSF for (a) top surface, (b) cross-section, (c) enlarged bottom cross-section.

Figure 1(a) shows the membrane pores at the top surface of the PSF sample. Figure 1(b) illustrates the finger-like substructure of the membrane cross-section whereas Figure 1(c) shows the pores at the enlarged bottom cross-section.

Quantitative characterization of the pore morphology is performed through image processing analysis of the cross-section images via ImageJ software. The pore size distribution determined via analysis of three cross section SEM images of pure PSF membrane are shown in Figure 2.

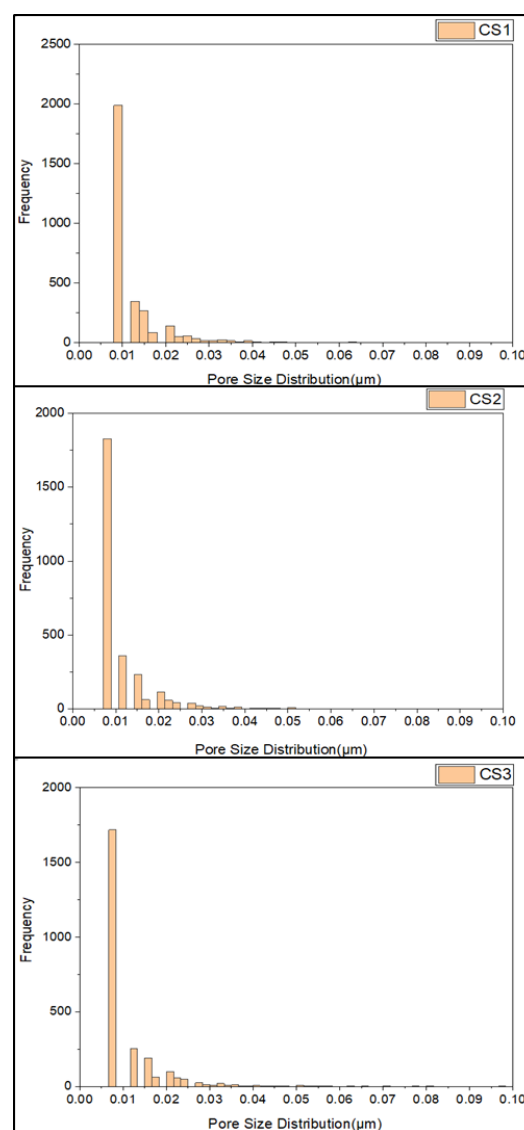


Figure 2. Pore size distribution for the pure PSF membrane.

Figure 2 shows that the result for the pore size distribution for three randomly selected samples are consistent and hence the results are reliable. The average pore size in addition to the standard deviation and cross-section porosity values for three samples of pure PSF are represented in Table 1. These values are also found using cross-section image analysis.

Table 1. Average pore size, standard deviation and porosity for pure PSF membrane

Pure PSF membrane	Average Pore Size	Standard Deviation	Porosity (%)
CS1	0.026 μm	0.145	42.947
CS2	0.028 μm	0.127	41.832
CS3	0.030 μm	0.181	40.907

As shown in Table 1, the average pore size for three randomly selected samples of pure PSF membrane is in the range of 0.026-0.030 μm with acceptable standard deviation. The table also shows the porosity for the three PSF membrane samples which gives an average cross-section porosity of 42%.

Figure 3 to Figure 5 show the SEM cross-section images for the PSF membranes with the three different loadings of PVP additive.

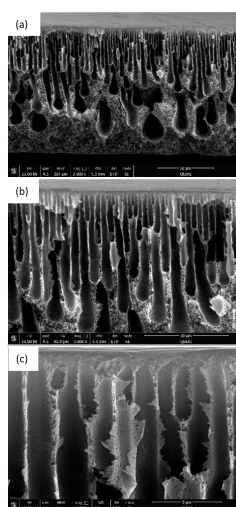


Figure 3. SEM images for PSF/1wt.% PVP:(a) cross-section, (b)&(c) enlarged top cross-section.

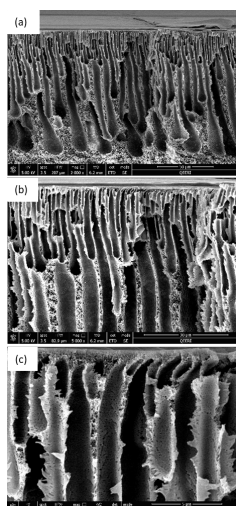


Figure 4. SEM images for PSF/3wt.% PVP:(a) cross-section, (b)&(c) enlarged top cross-section.

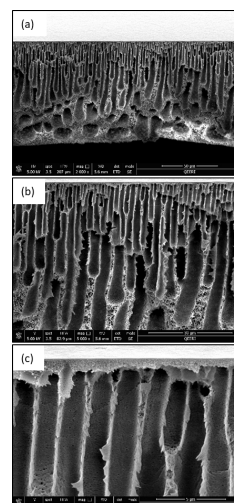


Figure 5. SEM images for PSF/5wt.% PVP:(a) cross-section, (b)&(c) enlarged top cross-section.

From the above figures, it can be seen that the greater the concentration of PVP, the longer the finger-like substructure and the bigger the macrovoid membrane's bottom structure. Similarly, the cross-section images were analyzed via ImageJ software to quantitatively study the pore morphology. The analysis was done for the PSF membranes with: 1 wt.%, 3 wt. %, and 5 wt.% PVP loadings. It is important to note that enlarged bottom cross-section images were used for the pore morphology analysis. The average pore size with the standard deviation and porosity for three cross-sections of each membrane are shown in Table 2 to Table 4.

Table 2. Average pore size, standard deviation, and porosity for PSF/1 wt.% PVP.

PSF/1 wt.% PVP	Average Pore Size	Standard Deviation	Porosity (%)
CS1	0.061 μm	0.258	56.540
CS2	0.042 μm	0.197	47.419
CS3	0.025 μm	0.111	38.319

Table 3. Average pore size, standard deviation, and porosity for PSF/3 wt.% PVP.

PSF/3 wt.% PVP	Average Pore Size	Standard Deviation	Porosity (%)
CS1	0.030 μm	0.137	50.065
CS2	0.034 μm	0.152	49.933
CS3	0.033 μm	0.140	50.088

Table 4. Average pore size, standard deviation, and porosity for PSF/5 wt.% PVP.

PSF/5 wt.% PVP	Average Pore Size	Standard Deviation	Porosity (%)
CS1	0.036 μm	0.144	49.740
CS2	0.028 μm	0.137	50.011
CS3	0.044 μm	0.193	51.650

Table 2 to Table 4 illustrate the average pore size with acceptable standard deviation for three randomly selected samples for the three different membranes (PSF/1 wt.% PVP, PSF/3 wt.% PVP, and PSF/5 wt.% PVP, respectively). In general, the greater the content of PVP in the PSF membranes, the larger the average pore size. Based on the analysis of the pore morphology as illustrated in the above tables, the average porosity is: 47.43% for the PSF/1 wt.% PVP, 50.03% for the PSF/3 wt.% PVP, and 50.47% for the PSF/5 wt.% PVP. The higher the content of PVP in the PSF membranes, the greater the average porosity.

Conclusion

In this paper, pure PSF membrane and PSF/PVP membranes with three different PVP loadings: 1 wt.%, 3 wt.%, and 5 wt.% were fabricated through the phase inversion method. The pore morphology (porosity, pore size and pore size distribution) of the membranes were investigated in this study. SEM characterization was done for pure PSF and PSF/PVP membranes with different PVP contents. SEM images showed that the greater the concentration of PVP, the longer the finger-like substructure and the bigger the macrovoid membrane's bottom structure. The SEM cross-section images were quantitatively analyzed using ImageJ software to determine the pore size distribution, average pore size, and average porosity for all membranes. Three randomly selected samples were analyzed to ensure the reliability of the results. For pure PSF membrane, the average pore size was in the range of 0.026-0.030 μm and the average cross-section porosity was 42%. For the PSF/PVP membranes, it was concluded that the higher the content of PVP, the greater the average porosity and average pore size. The average porosity values were: 47.43% for the PSF/1 wt.% PVP, 50.03% for the PSF/3 wt.% PVP, and 50.47% for the PSF/5 wt.% PVP.

Acknowledgement

The experiments of this research were carried out at the laboratory of Qatar Environment and Energy Research Institute (QEERI), Hamad bin Khalifa University (HBKU), Qatar Foundation, Education City, Doha, Qatar.

One of the authors (RA) wishes to thank the Qatar Research Leadership Program (QRLP) from the Qatar National Research Fund (QNRF), a member of the Qatar Foundation.

References

- [1] W. S. Khan, N. N. Hamadneh, and W. A. Khan, "Polymer nanocomposites – synthesis techniques, classification and properties," in *Science and Applications of Tailored Nanostructures*, P. Di Sia, Ed. One Central Press (OCP), 2017, pp. 50–67.
- [2] L. Liu, Z. Qi, and X. Zhu, "Studies on

Nylon 6 / Clay Nanocomposites by Melt-Intercalation Process," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 71, no. 7, pp. 1133–1138, 1998.

[3] J. Yang, Z. Chen, Q. Feng, Y. Deng, Y. Liu, Q. Ni, and S. Fu, "Cryogenic mechanical behaviors of carbon nanotube reinforced composites based on modified epoxy by poly (ethersulfone)," *Compos. Part B*, vol. 43, no. 1, pp. 22–26, 2012, doi: 10.1016/j.compositesb.2011.04.025.

[4] M. Abbasgholipourghadim, M. Bin Mailah, I. Zaurah, A. F. Ismail, M. R. Dashtarzhandi, and M. Abbasgholipourghadim, "Membrane Surface Porosity and Pore Area Distribution Incorporating Digital Image Processing," in *Recent Advances in Mechanics and Mechanical Engineering*, 2016, vol. 10, pp. 118–123.

Carbon Spheres as Catalyst for Hydrogen Generation from Sodium Borohydride Methanolysis

DEVECI, Hatice¹, BAS, Harun¹, BUTUN SENDEL, Sultan², BUTUN, Vural³

¹Eskisehir Osmangazi University, Polymer Science and Technology Department., ²Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskisehir, 26480, Turkey, ³Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir, 26480, Turkey
haticedeveci0996@gmail.com

DEVECI, Hatice (0000-0002-7386-2213)
BAS, Harun (0000-0001-6783-4964)
BUTUN SENDEL, Sultan (0000-0001-7036-2224)
BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

SUMMARY

In this study, carbon spheres were synthesized in one step via hydrothermal method by using hydroxy ethyl cellulose as carbon source. To characterize carbon spheres, scanning electron microscope and thermogravimetric analyzer were used. The spheres were tested as catalysts for hydrogen production in the reaction of sodium borohydride with methanol. Obtained smooth and spherical particles were used as catalyst in methanolysis of sodium borohydride and calculated activation parameters are found as 22.96 kJ.mol⁻¹, 20.53 kJ.mol⁻¹ and -187.84 J.mol⁻¹.K⁻¹ for activation energy, enthalpy, and entropy, respectively. Consequently, carbon spheres demonstrated much better catalytic performance in methanolysis of sodium borohydride according to metal-based catalysts in literatures.

PURPOSE

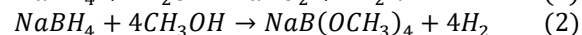
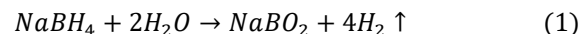
The aim of this study was to synthesize carbon spheres (CS) to use as catalysts in the methanolysis of sodium borohydride (NaBH₄) for hydrogen (H₂) production and to investigate and revealed the catalytic activity of the synthesized particles.

INTRODUCTION

After the industrial revolution, the need for energy resources such as fossil fuels, oil and natural gas has increased. With this increasing energy demand, new and sustainable resources have been called to prevent the rapid decrease in non-renewable energy resources, increasing environmental problems and possible energy crises. Hydrogen is considered as a sustainable, environmentally friendly, and promising energy source among the developing energy technologies. In recent years, many H₂ generation reactions with the inclusion photocatalysis, biomass conversion, electrolysis of water, and so on have been extensively investigated. However, the application of this promising energy in a

wide area is quite limited due to factors such as efficient production, storage, transportation, and an economical and safe distribution. Chemical hydrides offer sustainable hydrogen system due to their high gravimetric hydrogen density, low molecular weight, and release of pure hydrogen gas during the hydrolysis reaction.

In this context, NaBH₄ is seen as a promising source for hydrogen production by hydrolysis. NaBH₄ is one of the widely used hydrides due to hydrolysis at low temperatures, having a theoretical hydrogen content of 10.8%, affordable, harmless, high stability in alkaline solution and recycling of the by-products formed because of the reaction^{1-4,10}. Hydrolysis and methanolysis reactions of NaBH₄ are given in the equations below^{2,3} ($\Delta H = -300 \text{ kJ.mol}^{-1}$):



There are some advantages to using methanol instead of water. These; (i) methanol can be used as a solvent in the formation of H₂ from renewable sources; (ii) the kinetic reaction is faster in methanol; (iii) it shows high catalytic activity even at low temperatures ($\leq 0^\circ\text{C}$)^{3,7-9}. It is known that suitable catalysts accelerate the hydrolysis and methanolysis reactions of NaBH₄^{2,6}.

In the literature that different metal oxides are used in the methanolysis reaction of NaBH₄. However, it has been observed that the properties of metal oxides such as cost, toxicity, stability, and catalytic endurance are not good enough. Therefore, the research of new catalyst systems has been expanded and studies with metal-free catalysts began. Examples of these catalysts are polymeric ionic liquids, silica particles, halloysite clay nanotubes, poly(ethyleneimine) microgel and quaternized polymeric microgels, and carbon-based materials such as graphene, carbon nanotubes (CNT) and carbon particles. It can be controlled based on parameters such as (i) carbon sources, (ii) carbonization techniques, and acid treatments, and (iii) type of process. Carbon spheres (CSs) are micron sized spherical carbon particles that

have a major potential in diverse types of applications such as CO₂ capture, adsorption, separation and purification of dyes, and other pollutants, and encapsulation of biomacromolecules, especially energy storage and conversion materials as catalyst supports, fuel cells, supercapacitors, and lithium batteries. The main reason for carbon spheres uses and applications is that they are easily prepared from cheap and renewable resources such as glucose, sucrose, etc. corrosion resistance, moderate conductivity, and high surface area, etc. so that CSs are versatile in use and applications⁵.

In this study, carbon spheres were synthesized to be used as a catalyst to produce H₂ from the methanolysis of NaBH₄. The synthesized catalysts were characterized by using scanning electron microscope (SEM) and thermogravimetric analyzer (TGA). Parameters such as temperature of the environment, may affect the methanolysis reaction were evaluated. In addition, kinetic studies were carried out to determine the activation parameters such as activation energy (E_a), activation enthalpy ($\Delta H^\#$), and activation entropy ($\Delta S^\#$) for the methanolysis of NaBH₄ catalyzed by CS in the temperature range of 278 K–308 K.

EXPERIMENTAL

Material

In the synthesis of carbon spheres (CSs), hydroxy ethyl cellulose (HEC) as a carbon source and phytic acid (PA, 50% (w/w in H₂O), Aldrich) as a catalyst, and sodium borohydride (NaBH₄, 98%, Aldrich) and methanol (MeOH, 99.7%, Riedel-de Haën) were used for hydrogen (H₂) production from hydrolysis and methanolysis reactions. Distilled water (DW) was used throughout the experiment.

Method

Hydrothermal synthesis of carbon spheres: To prepare CSs, 7 g of HEC mixed with 70 mL of DW was used and stirred under magnetic stirrer for 20 min. Then 0.7 mL of PA solution (50% w:w) was added to the solution and stirred for another 10 min. After then, the solution was taken into the autoclave and kept in an oven at 200 °C for 24 hours (Fig. 1). At the end of the synthesis, the product (carbon sphere) coming out of the autoclave and washed with distilled water. After the cleaning procedure, CS dried in an oven at 50 °C after centrifugation at 1000 rpm for 10 minutes.



Figure 1. Schematic representation of one pot CS synthesis procedure.

Determination of the catalytic activity of carbon spheres as catalysts in methanolysis of sodium borohydride: In the NaBH₄ methanolysis reaction, the activity of CS used as a catalyst was determined by recording the change in water volume during H₂ genesis. 50 mg of catalyst was added to 20 mL of methanol solution containing 125 mM NaBH₄ and H₂ formation was tracked. The reaction realized in a 50 mL glass reaction flask at 1000 rpm and 298 K with continuous stirring. In the NaBH₄ methanolysis reaction, reaction temperature (278-308 K) investigated by replacement them.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Synthesis and characterization of catalyst: Hydrothermal synthesis method was used to prepare spherical shaped CSs at 200 °C in 24 h. Here, CSs were exploited as a catalyst in H₂ generation in the reaction of NaBH₄ with methanol. The SEM image of CSs were depicted in Fig. 2. As illustrated in Fig.2, the SEM images of the CS with different magnifications demonstrated that CSs were in spherical shapes, smooth, and nearly same size.

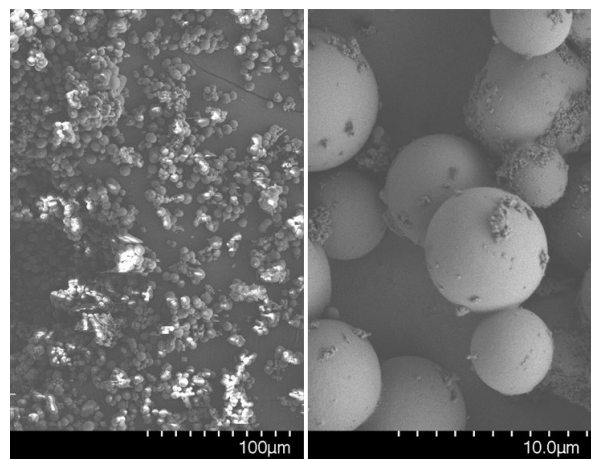


Figure 2. SEM images of CS with different magnifications.

Thermal degradation patterns of HEC and CS were illuminated by TGA and the corresponding thermogram was shown in Fig. 3. In the Figure, CSs appeared to have better thermal stability than HEC. In the thermograms, the initial major decomposition temperature of HEC was found to be around 260°C and when heated to 983°C, 12% residual composition was observed relative to the initial value. The decomposition temperature of the CS catalyst was at 250°C and after heating to 980°C 51% of its weight remained.

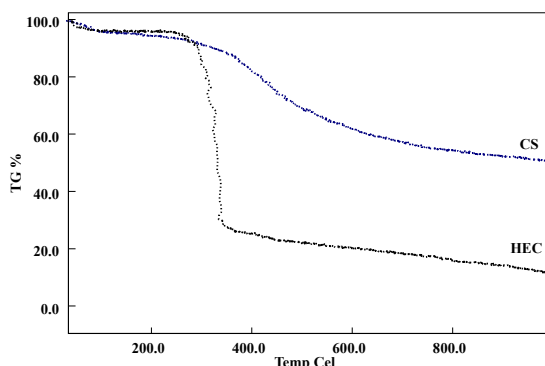


Figure 3. TGA curves of HEC and CS.

Catalytic performance of carbon spheres: Self methanolysis was realized as a control to understand the catalytic activity under the same conditions with the absence of catalyst, and 100% conversions were accomplished in all reactions with and without the addition of catalysts with the same amount of H_2 . Different reaction rates were observed in self methanolysis of $NaBH_4$ and in the CS catalysis as showed in Fig. 4. When compared the reaction rate between self and presence of CS catalyst, the reaction rate is 17 mL.min^{-1} for self and 42 mL.min^{-1} for CS catalyst used. Hydrogen generation rates (HGR, $\text{mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$) were calculated for CS as $840 \text{ mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$ at 298 K. Conversion was realized as 100% for each reaction.

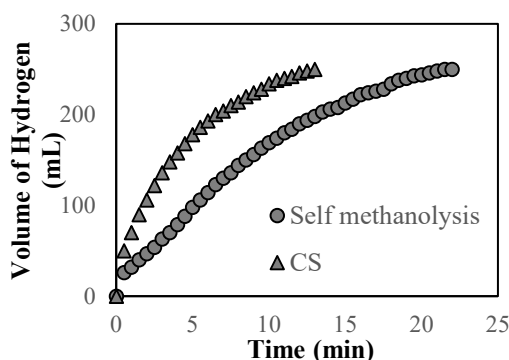


Figure 4. The effects of CS on $NaBH_4$ methanolysis [control (self-methanolysis), 50 mg CS, 1000 rpm, 298 K]

The effect of temperature on $NaBH_4$ methanolysis reaction catalyzed with CSs were examined by performing the reaction at four different temperatures, 278 K, 288 K, 298 K, 308 K using 20 mL 125 mM $NaBH_4$ solution in methanol. The hydrogen production rate has increased from 24 mL.min^{-1} to 55 mL.min^{-1} with increasing reaction temperature from 278 K to 308 K. For the temperature 278 K, 288 K, 298 K and 308 K calculated HGR values are $480 \text{ mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$, 660

$\text{mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$, $840 \text{ mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$, $1100 \text{ mL.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$, respectively.

To determine the activation parameters for the methanolysis of $NaBH_4$ catalyzed with CS, the rate constants at different temperature (278 K-308 K), $\ln k$ -($1/T$) and $\ln(k/T)$ -($1/T$) graphs were composed using Arrhenius (Eq. (3)) and Eyring (Eq. (4)) equations, respectively^{3,8,9}.

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad (3)$$

$$\ln \left(\frac{k}{T} \right) = \ln \left(\frac{k_b}{h} \right) + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} - \frac{\Delta H^\ddagger}{R} \left(\frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

where, k is the rate constant, E_a is the activation energy, T is temperature, k_B is Boltzmann constant ($1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), h is Planck constant ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$), activation enthalpy is $\Delta H^\ddagger$, $\Delta S^\ddagger$ is the entropy of activation and R is the gas constant ($8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$). H_2 production volumes for the methanolysis of $NaBH_4$ graph was constructed and given in Fig. 5.

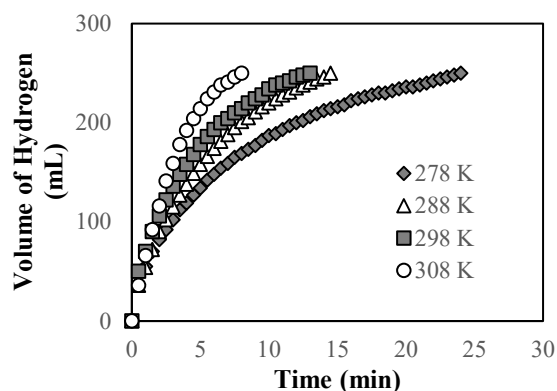


Figure 5. The effect of temperature on $NaBH_4$ methanolysis.

All the reactions start at different temperatures produced an average of 250 mL H_2 , that is, conversion realized 100%. For the CS catalyst, the $\ln k$ -($1/T$) graph using Eq. (3) and, the $\ln(k/T)$ -($1/T$) graph using Eq. (4) were graphed for the temperature between 278 K-308 K the corresponding graphs are presented in Fig. 6(a) and (b), respectively.

As a result of these calculations, the activation energy, enthalpy, and entropy were found as $22.96 \text{ kJ.mol}^{-1}$, $20.53 \text{ kJ.mol}^{-1}$ and $-187.84 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$, respectively. The result show that CS was found to be a good catalyst for the H_2 production of sodium borohydride methanolysis.

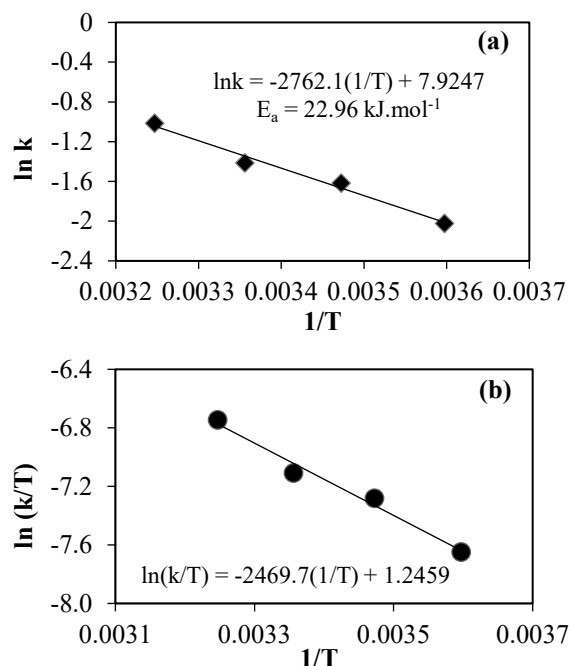


Figure 6. (a) $\ln k$ vs $1/T$ (Arrhenius eq. (3)), and (b) $\ln(k/T)$ vs $1/T$ (Eyring eq. (4)).

CONCLUSIONS

To sum up, using HEC as green source carbon spheres were synthesized successfully and the spheres were used as catalyst in the NaBH_4 methanolysis. Hydrogen production rate for this reaction was observed that it increased, and the experiment time shortened with the use of CS as a catalyst. In addition, HGR increased with the increase in temperature in hydrogen production at different temperatures reaching $1100 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ for 308 K. Calculated E_a values of CS catalyst is relatively low as $22.96 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ in the methanolysis of NaBH_4 compared to conventional catalysts reported. These values are better than most of the noble metal-based catalysts reported in the literature. In conclusion, the catalyst reported here ensures a strong candidacy for use in industrial and environmental applications due to its easy and cost-effective preparation, stability, obtain from renewable sources and low toxic effects.

SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

In the near future, the reusability, and changes in the amount of catalyst and NaBH_4 will be investigated to better evaluate the catalytic performance of CS. In addition, the catalytic performance of the carbon particles obtained from CS via pyrolysis will be examined.

LITERATURE

¹ Abdelhamid, H. N. 2021. "A review on hydrogen generation from the hydrolysis of sodium borohydride", *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 726-765.

² Balčiūnaitė, A. Sukackienė, Z. Antanavičiūtė, K. Vaičiūnienė, J. Naujokaitis, A. Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė, L. Norkus, E. 2021. "Investigation of hydrogen generation from sodium borohydride using different cobalt catalysts", *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 1989-1996.

³ Demirci, S. 2021. "Boric acid versus boron trioxide as catalysts for green energy source H_2 production from sodium borohydride methanolysis", *MANAS Journal of Engineering*, 9, 142-152.

⁴ Nunes, H.X. 2016. "Hydrogen generation and storage by aqueous sodium borohydride (NaBH_4) hydrolysis for small portable fuel cells (H_2 -PEMFC)", *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 15426-15432.

⁵ Sahiner, N. 2018. "Carbon spheres from lactose as green catalyst for fast hydrogen production via methanolysis", *International Journal of Hydrogen Energy*, 43, 9687-9695.

⁶ Sahiner, N. 2017. "Natural microgranular cellulose as alternative catalyst to metal nanoparticles for H_2 production from NaBH_4 methanolysis", *Applied Catalysis B: Environmental*, 202, 199-206.

⁷ Sahiner, N. 2017. "Modified multi-wall carbon nanotubes as metal free catalyst for application in H_2 production from methanolysis of NaBH_4 ", *Journal of Power Sources*, 366, 178-184.

⁸ Sahiner, N. 2017. "Various amine functionalized halloysite nanotube as efficient metal free catalysts for H_2 generation from sodium borohydride methanolysis", *Applied Clay Science*, 146, 517-525.

⁹ Sahiner, N. 2016. "Quaternized polymeric microgels as metal free catalyst for H_2 production from the methanolysis of sodium borohydride", *Journal of Power Sources*, 336, 27-34.

¹⁰ Xu, D. 2022. "Research progress on catalysts for hydrogen generation through sodium borohydride alcoholysis", *International Journal of Hydrogen Energy*, 47, 5929-5946.

Karbonil Demir ve Karbon Elyaf İçeren ABS Kompozitlerinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

ÇAYLI Nazlıcan¹, ÇINAR, Ahmet Hakan², YURTBAŞI, Zühal², KURT, Gökçe², KAŞGÖZ, Alper²,

¹Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Ens.

²Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü
nazlicancayli@gmail.com.tr

ÖZET

Çalışma kapsamında birçok uygulama alanı bulunan akrilonitril bütadien stiren (ABS) polimerine farklı oranlarda karbonil demir ve karbon elyaf (kırpık) eriyik yöntemlerle katılarak elde edilen kompozitlerin reolojik özellikleri incelenmiştir. Kompozitlerin hazırlanmasında melt-mixer kullanılırken reolojik özellikleri rotasyonel reometre ile incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda her iki dolgunun da önemli bir yapısal uyumsuzluk görülmezsizin kompozit genelinde iyi bir dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca reolojik analizler ile dolguların reolojik perkolasyon eşikleri sırasıyla %30 ve %50 olarak belirlenmiştir. Ayrıca karbonil demirin karbon elyafa göre daha az bir viskozite artışına neden olduğu gözlemlenmiştir.

AMAÇLAR

Hem manyetik özelliği ile karbonil demir hem de yüksek iletkenliği nedeniyle karbon elyaf başta elektriksel iletken kompozitlerin geliştirilmesi olmak üzere iletkenlikle ilgili RADAR soğurucu kompozitlerin geliştirilmesi ya da elektromanyetik dalga kalkanlama gibi birçok alanda yaygınca kullanılmaktadır. Öte yandan ABS ekstrüzyondan enjeksiyona ve özellikle son yıllarda da 3 boyutlu yazıcılarda yaygınca kullanılan bir polimer olup birçok farklı kompozit geliştirmek için yüksek mekanik mukavemeti nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada karbon elyaf ve karbonil demir ilavesinin ABS'in akış özelliklerinde meydana getireceği değişiklik incelenmiş ve birçok uygulama için proseslenebilirlik ve viskoelastik karakter değişimi incelenmiştir.

GİRİŞ

Akrilonitril Butadien Stiren (ABS) polimerleri, akrilonitril, butadien ve stiren monomerleri reaksiyonu ile elde edilen bir terpolimer olup adını bu üç monomerin ilk harflerinden alır. Amorf termoplastikler sınıfındandır. ABS plastikleri lastik gibi tok bir butadien ihtiva eden bir fazın, stiren - akrilonitril kopolimerinden oluşan sürekli fazın içinde tanecikler şeklinde dağılmasından meydana gelmektedir.

ABS düşük sıcaklıklarda dahi sert, esnekliği olmayan, tok ve görselliği ön planda tutabilecek parlaklığa sahip bir malzemedir [1]. Diğer plastik ham maddeler ile kıyaslandığında iyi fiziksel özelliklere sahip ve sanayide kullanılan diğer plastiklerle kıyaslandığında oldukça ucuzdur [2]. ABS sanayide en çok kullanılan termoplastikler arasında yer almaktadır. Isıya dayanıklılığından dolayı beyaz eşya, güç donanım kabinlerinde, switch kutularında, elektrolit kaplamaya uygun olanlardan çeşitli otomobil sanayi ürünlerinde, tıbbi ürünlerde ve daha bir çok sektörde kullanılabilmektedir.

Karbonil demir iyi bilinen bir malzemedir, elementer demirin benzersiz bir formudur (küçük partikül boyutundan dolayı). Karbonil demir, demirin karbon monoksit (CO) ile ısı ve basınç altında işlenmesiyle yapılır. Elde edilen pentakarbonil demir $[Fe(CO)_5]$ daha sonra kontrollü koşullar altında ayrıştırılır ve son derece saf olan ve ortalama 5-6 μm partikül boyutuna sahip neredeyse mükemmel küreler şeklinde üretilen CO ve demir tozu verir [3].

Karbon elyaf, düşük yoğunluğa, oldukça yüksek mekanik dayanıma ve elektriksel iletkenliğe sahip olan bir malzemedir. Poliakrilonitril (PAN) elyaf veya ziftten üretilebilen karbon elyafı cam elyaflardan daha sonra gelişen ve kullanım alanı halen hızla artan bir elyaf türüdür. Karbon elyaf malzemelerin yoğunluğu metallerle göre oldukça düşük, mukavemet özellikleri çeliğe göre oldukça yüksektir. Ayrıca karbon elyafın mukavemet/ağırlık, modül/ağırlık ve ısıya karşı boyutsal kararlılıkları oldukça yüksek iken darbe direnci ise düşüktür. Karbon elyafın elektriksel olarak iletken olması iletken polimer kompozit yapımında yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlasa da iletkenliğin istenmediği bazı uygulamalarda dezavantaj oluşturmaktadır. Karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler hafiflikleri ve yüksek mekanik dayanımları nedeni ile havacılık (uçak, roket, uydu vs.) ve otomotiv sanayisinde ve birçok spor malzemelerinin yapımında kullanılır. Dünya genelinde sayılı üreticisi olan bu malzeme ülkemizde ilk olarak Aksa firması tarafından Aksaca® ticari adı altında üretilmektedir [4,5]

Literatür çalışmaları incelendiğinde; kompozitlerde dolgu oranının artmasıyla viskozitenin arttığı bu

artışın özellikle perkolasyonun gerçekleştiği bileşimlerde daha hızlı bir biçimde gerçekleştiği gözlenmiştir [6]. Bu sebeple bu gibi çalışmalarda karışım reolojisi oldukça önem arz etmektedir. Malzemenin karışımında aglomerasyon görülürse karışımın reolojisi değişkenlik göstereceğinden dolayı özellikler tamamen değişebilir. Bu çalışmada reolojik özelliklerin stabil olması için çift vidalı ekstrüder kullanılmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışmada ABS olarak TOTAL firması tarafından LG112 kodu ile üretilen ürün temel polimer faz olarak kullanılmıştır. Dolgu olarak kullanılan karbonil demir ise MOLCHEM firmasının NK84 kodlu ürünü kullanılırken karbon elyaf olarak kompozit pazarı firmasından temin edilen M80-3 kodlu 80 mikron ve altı öğütülmüş toz formunda karbon elyaf kullanılmıştır.

Yöntem

Kompozitler Tablo 1'de verilen oranlara göre çift vidalı ekstrüzyonda granül olarak üretilmiştir. Kompozit örnekler KÖKBİR marka melt-mixer ile 80 rpm vida hızında 240 °C'de üretilmiştir.

Hazırlanan kompozitlerin reolojik özellikleri rotasyonel reometre (Discovery Hybrid Reometer-1, DHR-1, TA, USA) ile frekans salınım testi modunda incelenmiştir.

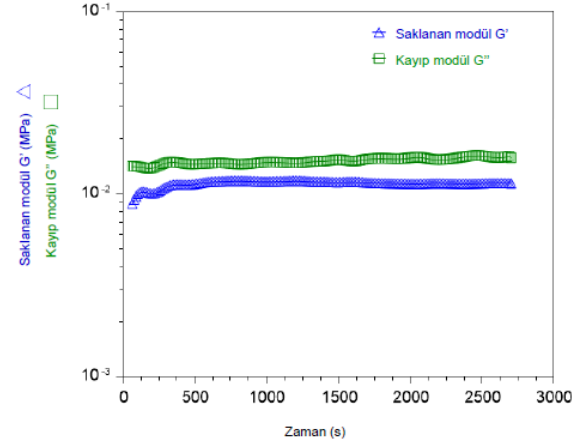
Tablo 1. Hazırlanan kompozit örneklerinin bileşimleri

	ABS (%)	Karbonil Demir (%)	Karbon Elyaf (%)
ABS	100	0	0
CI10	90	10	
CI20	80	20	
CI 30	70	30	
CI 40	60	40	
CI 50	50	50	
CI 60	40	60	
CF5	95		5
CF10	90		10
CF20	80		20
CF30	70		30

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

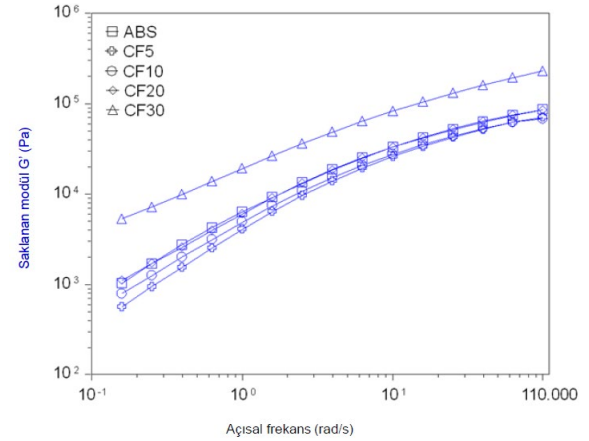
Reolojik analizlerde öncelikle ABS polimerinin test süresince eriyik formda termal olarak kararlılığının belirlenmesi amacıyla sadece ABS polimerine zaman tarama testi gerçekleştirilmiştir. Bu testte hiçbir test parametresi değiştirilmeksizin yaklaşık 30 dakika boyunca G' ve G'' değerlerinin değişimi takip edilmiş elde edilen sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil

1 incelendiğinde modül değerlerinin 30 dakika boyunca önemli bir değişim göstermediği ve 30 dakika boyunca termal kararlılığını sürdürdüğü değerlendirilmiştir.

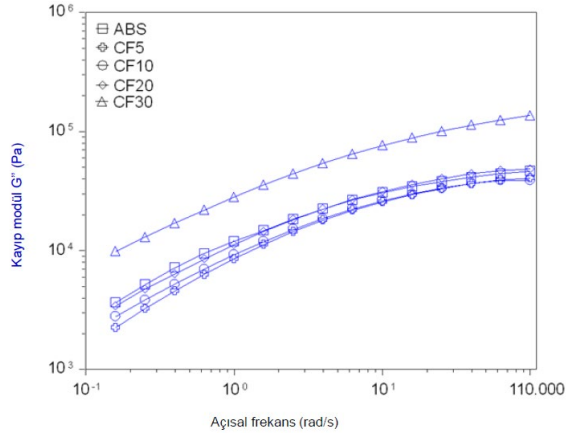


Şekil 10. ABS polimerine ait zaman tarama test sonucu

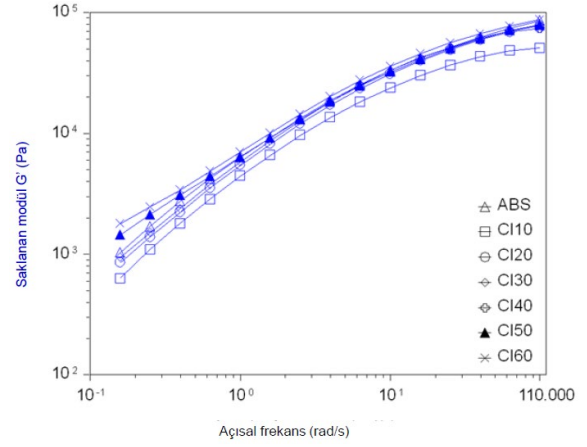
Şekil 2 ve Şekil 3'de karbon elyaf dolgu ABS kompozitlerinin G' ve G'' değişimleri verilmiştir. Şekiller incelendiğinde her iki modül değerinin de düşük miktarlardaki dolgu ilavesiyle modül değerinin ABS'e göre azaldığı görülse de özellikle %30 karbon elyaf ilavesi ile modül değerlerinin önemli bir artış gösterdiği görülmüştür. Bu artış literatürde karbon elyafın reolojik perkolasyon yapısına ulaşması ile açıklanmaktadır. Reolojik perkolasyonun bir diğer göstergesi ise Şekil 4'de verilen faz açısı grafikleri olup CF30 örneğinin düşük frekans bölgesinde yatay hale gelmesi reolojik perkolasyonun sağlandığını göstermiştir.



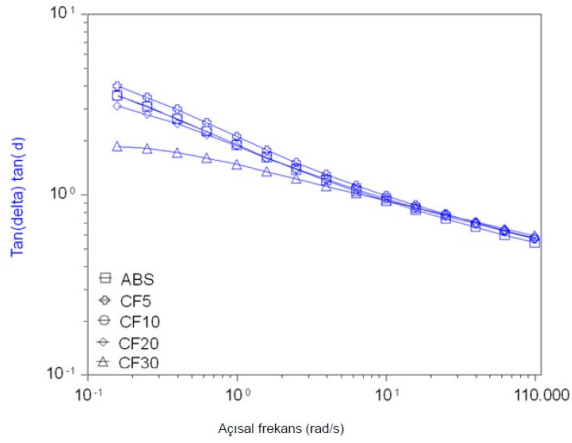
Şekil 2. ABS/CF kompozitlerine ait G' -açısal frekans grafikleri



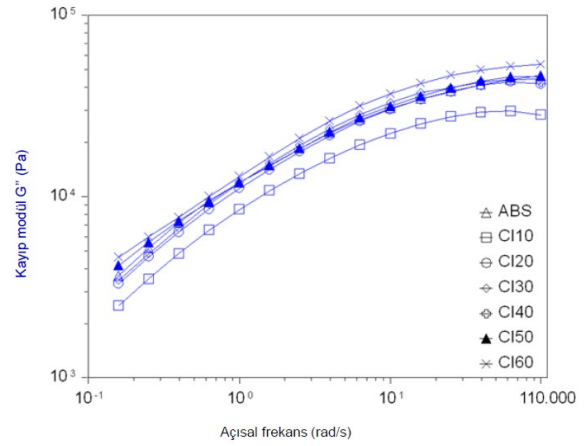
Şekil 3. ABS/CF kompozitlerine ait G'' -açısal frekans grafikleri



Şekil 5. ABS/CI kompozitlerine ait G' -açısal frekans grafikleri

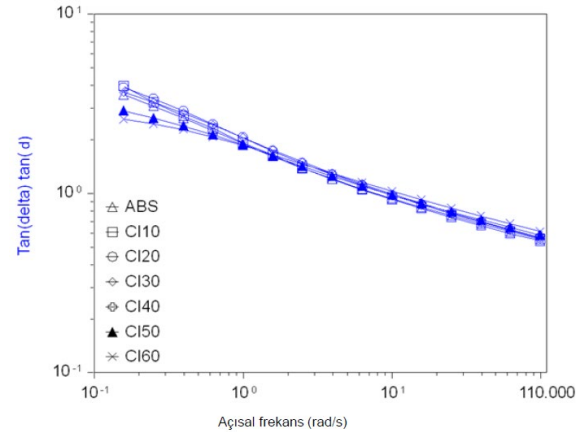


Şekil 4. ABS/CF kompozitlerine ait $\tan\delta$ -açısal frekans grafikleri



Şekil 6. ABS/CI kompozitlerine ait G'' -açısal frekans grafikleri

Karbonil demir katkılı kompozitlerin reolojik testleri sonucu elde edilen G' ve G'' değerlerinin açısal frekansa bağlı olarak değişimleri ise Şekil 4-5'te verilmiştir. Modül değerlerinin karbonil demirin yüksek yoğunluğu sebebiyle hacim fraksiyonlarının düşük kaldığı ve buna bağlı olarak da modül değerlerinin karbonil demire kıyasla daha düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Karbonil demir için de karbon elyafa benzer şekilde düşük oranlarda ABS'den daha düşük modül değerleri elde edilmiş artan CI oranıyla modül değerlerinin de ABS'in üzerine çıktığı ve özellikle düşük frekans bölgesinde açısal frekansa olan bağımlı değişimi azalttığı gözlemlenmiştir. Bu anlamda reolojik perkolasyon eşiği CI için %50 olarak değerlendirilmiştir. Reolojik perkolasyonun değişiminin doğrulanması adına yine $\tan\delta$ -açısal frekans grafikleri (Şekil 7) incelenmiş olup yine CI50 kompoziti itibariyle $\tan\delta$ eğrilerinin reolojik perkolasyonun göstergesi olan yatay hale geldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 7. ABS/CI kompozitlerine ait $\tan\delta$ -açısal frekans grafikleri

GENEL SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda elektriksel iletkenlik ve ilgili birçok uygulamada kullanılabilecek karbon elyaf ve karbonil demir katkılı ABS kompozitlerinin eriyik yöntemlerle hazırlanmasının mümkün olduğu görülmekle beraber özellikle karbonil demir kullanılması durumunda eriyik modül değerlerinin daha düşük bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada ayrıca CF için %30, CI için ise %50 oranlarının reolojik perkolasyon konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma Yalova Üniversitesi Bilim Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından 2021/YL/0018 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Can C., Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Termoplastik Malzemelerin Modelleme ve Analizleri, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 144, 2008.
- [2] Huang, C.Y., Mo, W.W., The effect of attached fragments on dense layer of electroless Ni/P deposition on the electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon fibre/acrylonitrile-butadiene-styrene composites, Surface and Coatings Technology 154, 55–62, 2002.
- [3] P. Whittaker, S.F. Ali, S.F. Imam, V.C. Dunkel, Regul. Toxicol. Pharm. 36 (2002) 280
- [4] ERSOY M.S., 2005, lif takviyeli polimer kompozit malzeme tasarımı, yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş sütçü imam üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [5] MONCRIEFF, R.W. 1975. Man-Made Fibers. Whitefriars Press Ltd., London
- [6] KASGOZ A. Karbon Dolgulu Siklo-Olefin Kopolimer (COC) Kompozitlerinin Reolojik Davranışlarının İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012

Ceviz Kabuğu Dolgulu Epoksi Hibrit Kompozit Malzemelerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu

ADIBELLİ, Üzeyir¹, MUTLU, Derya¹, ÇAKIR YİĞİT, Neşe², KARAGÖZ, İdris²

¹Polimer Malzeme Mühendisliği ABD, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yalova Üniversitesi, 77200, Yalova, TÜRKİYE

²Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yalova Üniversitesi, 77200, Yalova, TÜRKİYE
adibelliuzeyir@gmail.com

ÖZET

Ülkemiz ceviz üretimi açısından dünyanın önde gelen üretici ülkeleri arasında yer almaktadır. Ceviz işleme tesislerinden her yıl çıkan binlerce ton ceviz kabuğu yakacak olarak tüketilmekte ve ekonomik bir değere sahip olmamaktadır. Ceviz kabuğunun selülozik esaslı olması, göreceli olarak sert bir yapıda olması ve ülkemizde bol miktarda bulunması nedeniyle, termoset ve termoplastik matrisli polimer kompozitlerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Son yıllarda, bu kapsamda düşük çevresel etki, geri dönüştürülebilir olması ve proses kolaylığı gibi nedenlerle kompozit malzeme üretiminde tarımsal gıda endüstrisi atıklarından veya yan ürünlerinden elde edilen doğal maddelerin kullanılmasıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Ülkemizde yetişen tarım ürünleri ve bunların oluşturduğu tarımsal atıklar sürdürülebilir kaynaklar açısından da dikkat çekmektedir. Bu çalışmada; tarımsal bir atık olan ve atık halinde ülkemiz ekonomisine bir katma değer üretmeyen ceviz kabuklarının denizcilik, otomotiv, uzay-havacılık ve savunma sanayi gibi çok farklı sektörlerde kullanılabilecek bir ürüne dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Çalışmada; epoksi, talk ve ceviz kabuğu kullanılarak polimer döküm yöntemiyle test numuneleri hazırlandı. İdeal dolgu oranının ve karışımın uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla üretilen test numuneleri FT-IR yöntemiyle karakterize edildi. Gelecek dönem çalışmaları kapsamında, numunelerin mekanik (çekme, eğme, darbe) ve ısı özelliklerinin (DSC, TGA, HDT) belirlenmesi amacıyla testler uygulanacak ve SEM ile mikro yapı görüntülemeleri gerçekleştirilecektir.

ABSTRACT

Our country is one of the world's leading walnut producers. Thousands of tons of shells that come out of walnut processing plants every year end up being used as fuel without an economic value. As walnut shell is a cellulosic base, is relatively hard and abundant in our country, it may be used as a filler for thermoset and thermoplastic matrix polymer composites. Many studies have been conducted on the use of natural

materials obtained from agricultural by-products and wastes in the production of composite materials. These materials are low in environmental impact, recyclable, and easy to process. In terms of sustainable resources, the agricultural products and wastes produced in our country are attractive sources. This study; it is aimed to transform walnut shells, which are an agricultural waste and do not produce any added value to our country's economy in the form of waste, into a product that can be used in many different sectors such as maritime, automotive, aerospace, and defense industries. In the study; test samples were prepared by polymer casting method using epoxy, talc, and walnut shell. In order to determine the ideal filling ratio and whether the mixture is suitable, the test samples produced were characterized by the FT-IR method. As part of future studies, tests will be performed to determine the mechanical (tensile, bending, impact) and thermal properties of the samples (DSC, TGA, HDT). Additionally, SEM microstructure imaging will be performed.

AMAÇLAR

Dünya genelinde 2021 yılında yaklaşık olarak toplam 4,6 milyon ton ceviz üretimi gerçekleşmiştir. TÜİK verilerine göre 2021 yılında ülkemizde ceviz üretimi bir önceki yıla göre %13,4 oranında artış göstererek 325 bin tona ulaşmıştır. 2022 yılında ise toplam ceviz üretiminin 375-405 bin ton aralığında gerçekleşmesi tahmin edilmektedir. Ceviz kabuğu yapı itibarı ile selüloz ağırlıklı olması, kısmen sert bir yapıda olması ve ülkemizde üretiminin çok olması dolayısıyla polimer matrisli kompozitlerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Son yıllarda, bu kapsamda düşük çevresel etki, geri dönüştürülebilir olması ve proses kolaylığı gibi nedenlerle termoplastik kompozitlerin üretiminde tarımsal gıda endüstrisi atıklarından veya yan ürünlerinden elde edilen doğal maddelerin kullanılmasıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Ülkemizde yetişen tarım ürünleri ve bunların oluşturduğu tarımsal atıklar sürdürülebilir kaynaklar açısından dikkat çekmektedir. Bu

çalışmada; tarımsal bir atık olan ve atık halinde ülkemiz ekonomisinde bir katma değer üretmeyen ceviz kabuklarının epoksi matrisli polimer kompozitlerin üretiminde kullanılabilecek olan dolgu oranının belirlenmesi, kompozitin mekanik özelliklerin cam elyaf, karbon elyaf katkıları ile geliştirilmesi ve katma değeri yüksek olan doğa ile uyumlu ve ülkemiz ekonomisine katma değer yaratacak bir ürüne dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

GİRİŞ

Ceviz, yenilebilir fındıkları nedeniyle dünyanın ılıman bölgelerinde yetiştirilen önemli bir üründür. Mevcut verilerden dünya ceviz üretiminin yılda 4,6 milyon ton civarında olduğu bulunmuştur. Çin büyük ceviz yetiştiricisidir ve toplam üretimin yaklaşık %51'ini elinde tutar, bununla birlikte Amerika Birleşik Devletleri, İran ve Türkiye de diğer kitlesel ceviz yetiştiricileridir¹. Ceviz meyvesi Şekil 1'de de görüldüğü gibi çekirdek, zar, kabuk ve yeşil kabuk olmak üzere dört ana bölüme ayrılır. Ceviz kabukları ağırlıkça yaklaşık %50 lignin, %25 selüloz, %23 hemiselüloz ve %2 diğer bileşenlerden oluşur^{2,3,4}. Ceviz esas olarak çekirdek elde etmek için yetiştirilir ve diğer kabuk ve kabuk gibi parçaları, işleme sırasında atık ürünler olarak üretilir. Ceviz kabuğu, ceviz çekirdeğinin toplam ağırlığının yaklaşık %67'sini oluşturduğundan, tüm dünyada her yıl yaklaşık 1,5 milyon ton ceviz kabuğu geride kalmaktadır. Ceviz kabuklarının endüstride kullanımı oldukça sınırlıdır, çoğu atık malzeme olarak atılır veya yakma uygulamaları için yakıt olarak kullanılır. Ancak bu çevre kirliliğine neden olur ve aynı zamanda düşük fayda değerine sahiptir. Bu nedenle ceviz kabukları için başka, daha iyi kullanımlar bulmak gerekir. Ceviz kabuklarının reaktif fonksiyonel grup içermeleri, yüksek karbon içeriğine sahip olmaları, birçok endüstriyel kimyasal ile uyumlu olmaları ve aromatik halkaları içermelerinden dolayı iyi reolojik ve viskoelastik özellikler göstererek mekanik özelliklerinin yeterli olması nedeniyle, polimer kompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılması oldukça popülerdir⁵.



Şekil 1. Ceviz kabuğu ve yan ürünleri^{3,4}

Lif ve tekstil yüzey takviyeli kompozit malzemeler geniş kullanım alanına sahiptir. Son zamanlarda cam gibi sentetik lifler yerine bitki lifleri büyük ilgi

görmektedir, hatta; bitkisel lif bazlı termoplastik kompozitlerin bazıları mobilya, ambalaj, bina ve otomobil endüstrilerinde halihazırda uygulama alanı bulmuştur^{6,7}. Termoplastik kompozitlerde kullanılan doğal lifler arasında tarımsal atıklar (buğday sapı, pirinç sapı, kenevir lifi, ceviz kabuğu, fındık kabuğu vb. çeşitli kuru meyve kabukları) da yer almaktadır. Onat ve ark. polyester reçine, çift eksenli cam elyaf cam elyaf kumaşlar ve ceviz kabuğu kullanarak hazırladıkları kompozitlerde, katkı olarak kullanılan ceviz kabuğu boyutlarının artmasıyla ısı yalıtımının daha iyi sağlandığını, küçük partikül boyutlarındaki ceviz kabuğu katkısının ise mekanik özellikleri iyileştirdiğini tespit etmişlerdir⁷. Nitin ve Singh, epoksi kompozitlerde ceviz kabuğu oranının artmasıyla kompozit malzemelerin yoğunluğun azaldığını, farklı oranlardaki ceviz kabuğu katkısının mekanik özellikleri değiştirdiğini gözlemlemişlerdir⁸. Singh tarafından yapılan farklı bir çalışmada, kompozit yapı içerisinde iyi dağılım sağlayan ceviz kabuğu partiküllerinin elastisite modülünü ve sertliği arttırdığı, çekme mukavemeti ve eğilme dayanımının ise azaldığını rapor etmiştir. Alkali ile işlenmiş ceviz kabuklarının kullanıldığı bir çalışmada, termal stabilitenin arttığı ve malzemelerin Tg sıcaklıklarının yükseldiği bulunmuştur⁹.

Yöney ve ark. vinilester reçineye çeşitli oranlarda keten ve bambu lifleri katarak hazırladıkları kompozit malzemelerin darbe dayanımını incelemişlerdir. Araştırmacılar; keten lif takviyeli kompozit numunelerinin darbe dayanımını, bambu lif takviyeli numunelerinkine oranla iki kat daha fazla elde etmişlerdir. Yapılan SEM incelemelerinde hem liflerin kopması hem de sıyrılması yoluyla kırılma enerjisinin harcandığı sonucuna ulaşılmış ve keten lifinin darbe dayanımını artırıcı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür¹⁰. Sağbaş ve ark. %30'a kadar farklı oranlarda keten lifi ve polyester reçine kullanarak el yatırma yöntemi ile kompozit numuneler elde etmişlerdir. Araştırmacılar polyester reçinenin keten elyafı ile takviye edilmesinin çekme ve darbe mukavemetini arttırdığını gözlemlemişlerdir¹¹. Boriaa ve ark. bazalt/keten ve vinilester malzemelerden hibrid kompozitler üretmiş ve malzemelerin düşen ağırlık etki davranışlarını modellemişlerdir. Araştırmacılar keten elyaf tabak olarak kullanımının, gerilme özellikleri açısından sinerjik tutum gösterdiği, plastik bir davranış sergilediği, bazaltın sertliğini ve gevrekliğini düşürerek, malzemeye esneklik kazandırdığı sonucuna varmışlardır¹².

Huo ve ark. keten liflerine uygulanan yüzey modifikasyonunun etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda; elverişli yüzey modifikasyonu işlemiyle, keten lifli kompozitin mekanik özelliklerinin cam lifli kompozitle mukayese edilebilir hale geldiği sonucuna

ulaşmıştır¹³. Ramnath ve ark. jüt, keten ve cam lif ile takviye edilmiş kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini inceleyip elde edilen sonuçları jüt ve cam lif ile takviye edilmiş kompozit ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada keten lifli kompozitin çok iyi çekme ve eğilme özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir¹⁴. Zhang ve ark. tek yönlü keten ve cam lif ile takviye edilmiş kompozitin mekanik özelliklerini incelemişlerdir¹⁵. Doğal ve sentetik lifin birlikte kullanılmasında, kompozitlerin gerilme özelliklerinin cam lifin artırılmasıyla arttığı, keten ve cam lifinin istiflenme sırasının gerilme dayanımı ve deformasyonuna etki ettiği bulunmuştur. Croccolo ve ark. çevreye duyarlı iki ayrı reçineyi aynı keten lif ile takviyelendirmiş ve bunun sonucunda ürettikleri kompozitlerin mekanik özelliklerini karşılaştırmışlardır¹⁶. Elde edilen veriler sonucunda izohtalılık reçinenin dayanım ve sertlik açısından vinilester reçineden daha üstün olduğu, izohtalılık reçineli kompozitlerde lif ve matris arasında yapışmanın ise iyi olmasına rağmen az miktarda hava içerdiği gözlemlenmiştir. Araştırma neticesinde izohtalılık reçinenin mekanik özelliklerinin keten lifi ilavesiyle iyileştirilebildiği ve geleneksel tip reçineler yerine kullanılabilirdiği sonuçları belirlenmiştir. Muralidhar ve ark. çalışmalarında düz dokuma, ribana örme ve sırasıyla ribana örme/düz dokuma şeklinde istiflenen keten kumaş takviyeli epoksi reçineli kompozitlerin eğilme ve darbe özelliklerini incelemişlerdir¹⁷. Çeşitli sıralamalarla istiflenen ribana örme ve düz dokuma kumaşlarla yapılan kompozitler arasında, yüzey katmanında ribana örme olanlar eğilme ve darbe özelliklerinde daha iyi sonuç vermişlerdir. Elde edilen veriler göstermiştir ki her açıda istiflenmede katman sayısı arttıkça mukavemet artmıştır. Sapuan ve ark., dokunmuş muz lifi ile kuvvetlendirilmiş epoksi kompozitlerinin mekaniksel davranışlarını araştırmak için varyans analizi uygulamıştır¹⁸.

Usta ve ark., çeşitli oranlardaki atık pamuklar ile PP polimerini karıştırarak, üretilen kompozit yapının mekanik ve akışkanlık özelliklerini incelemiş ve lif oranının incelenen özelliklere etkisini araştırmıştır¹⁹. PP polimerine %97'ye %3 ve %94'e %6 oranlarında telef pamuk atıkları ilavesi ile üretilen kompozitin elastiklik modülü, akma, kopma dayanımı ve sertlik değerlerinde azalış, uzama ve izod darbe dayanımı değerlerinde artan elyaf miktarlarına bağlı olarak artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Manikandan ve ark., sisal lifi ile takviye edilmiş kompozit malzemelerde lif uzunluğu, lif oranı ve lif oryantasyonunun çekme özelliklerine etkisini araştırmışlardır²⁰. Kaya, "fındık ve çeltik kabukları ve odun talaşı ile takviye edilmiş termoset kompozitlerde reçine türünün fiziksel özelliklere etkisi" adlı çalışmada deney verileriyle elde edilen sonuçların, levha yapımında kullanılan

selülozik yapılı odunsu hammadde çeşidi ve miktarıyla reçine çeşidine paralel olarak fiziksel ve mekanik özelliklerde farklılık olduğu fakat üretilen çoğu levhada standartlarda arzu edilen değerlerin sağlandığı sonuçlarına varmıştır²¹. Venkatesh, hindistan cevizi kabuğu tozu (CSP) ile güçlendirilmiş epoksi kompozitlerin üretimini ve test edilmesini incelemiştir. Kompozitin yoğunluğu, elyaf içeriğindeki ağırlık yüzdesinin artmasıyla yavaş yavaş azalmış ve kompozitin rijitlik oranı lif içeriği arttıkça artmıştır²².

Gairola ve ark., kompozit geliştirmek için çam iğnesi lifleri ve fıstık kabuğu dolgu maddelerini epoksi içerisine dahil etmişlerdir²³. Geliştirilen epoksi kompozitler su, petrol ve kerosen gibi farklı çevresel koşullara tabi tutulmuştur. Geliştirilen kompozitlerin darbe mukavemeti incelenmiş ve bu da kompozitlere fıstık kabuğu dolgusu ve çam iğnesi liflerinin eklenmesi ile saf epoksi numuneye kıyasla darbe mukavemetinde artış olduğunu göstermiştir. Salasinska ve ark., ceviz kabuğu ile yüksek oranda doldurulmuş epoksi reçine bazlı kompozitler geliştirmiş ve karakterize etmişlerdir. Sonuçlar, yüksek miktarlarda ince öğütülmüş ceviz kabuğunun termoset polimere dahil edilmesiyle reçinenin mekanik ve termo-mekanik özelliklerini arttığını kanıtlamıştır²⁴. Aynı grup daha sonraki çalışmalarında ceviz kabuğu, fındık kabuğu ve ayçiçeği kabuğu gibi tarımsal atık ürünlerini epoksi bazlı kompozitlerin üretiminde kullanmıştır. Parçacık şeklinde doğal atık dolgu maddeleri içeren epoksi kompozitlerin mekanik özelliklerinin, kullanılan dolgu maddesinin kimyasal yapısının yanı sıra parçacık boyutuna, şekline ve serbest yüzeyine bağlı karmaşık bir fonksiyon olduğu bulunmuştur²⁵. Yakın zamanda, Albaker ve ark., biyo-bazlı epoksi kompozitlerin sentezi için dolgu malzemesi olarak kimyasal olarak modifiye edilmiş ceviz kabukları (WS) kullanılmıştır ve matrise çeşitli kütle oranlarında (%10-50) eklenmişlerdir²⁶. Kimyasal olarak modifiye edilmiş WS'ye sahip kompozitlerde artan çekme mukavemeti gözlenmiştir ve optimum miktarı ağırlıkça %20 olarak bulunmuştur. %20'nin üzerinde, kompozitlerde % WS'nin artmasıyla değerler azalmıştır. Sonuçlar, kimyasal modifikasyonun termal stabilite üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Epoksi reçinenin su emme özelliği, WS tarafından takviye edilerek geliştirilmiştir. Artış, kompozitlerdeki dolgu malzemelerinin oranı ile değişmiştir.

Tüm bu çalışmalar doğal lif ve dolgu olarak sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen yenilenebilir yeşil malzemelerin hibrid kompozitlerin üretiminde gittikçe önem kazandığını göstermektedir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, doğal liflerin kullanılarak üretilmiş kompozit malzemelerin

araştırıldığı, bitkisel kaynaklı liflerin doğal takviye malzemesi şeklinde kullanıldığı, ağaç talaşı atıklarının kullanıldığı çok fazla çalışmaya rastlanmıştır. Ancak ceviz kabuğunun kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle böyle bir çalışmanın yapılmasının bu konuda çalışanlar ve konuya ilgi duyanlar açısından referans bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

DENEYSEL

Malzeme

Deneysel çalışmalarda matris malzemesi olarak ERA 4000 Epoksi sistem (Teknomarin) ticari kodlu epoksi, Maraş 18 cinsi ceviz kabuğu (Çağlayancerit, Kahramanmaraş) ve 200 µ boyutunda talk (Eskişehir) kullanıldı.

ERA 4000 Epoksi Sistem: Teknomarin ERA 4000 iki bileşenli olup solvent içermemektedir. ERA 4000 arka epoksi, esnekliği, ahşaba etkili nüfuz ederek ağaç yüzeyini koruması ve tamir kolaylığının yanında yapışkan özellikleri nedeniyle de tercih edilmektedir. ERA 4000 Epoksi'ye ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. TEKNOMARIN ERA-4000 teknik özellikler

Özellik	Tipik Değer	Birim
Hacimce katı madde	100	%
Yoğunluk	1,1	g/cm ³
Renk	Şeffaf	-
Parlaklık	Parlak	-
Kuru film kalınlığı	200	µ
Teorik kaplama kapasitesi	5 (200µ) ~ 2 (500µ)	m ² /lt
Uygulama aralığı	+ 15 ~ + 35	°C

Talk: Çalışmada kullanılan talk, Orta Anadolu bölgesinden steatit tipi talk mineralinin mikrolize edilmesi ile yüksek saflıkta ve beyazlıkta elde edilen magnezyum silikattır. Talk'a ait kimyasal analiz ve teknik özellikler sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan talk'ın kimyasal analizi

Kimyasal Maddeler	% Bileşim
MgO	% 32
SiO ₂	% 62
CaO	% 1,8
Al ₂ O ₃	% 0,3
Fe ₂ O ₃	% 0,6
A. Z.	% 4

Tablo 3. Kullanılan talk'ın teknik özellikleri

Özellik	Tipik Değer	Birim
Yoğunluk	2,73	g/ml
Sertlik	1	-
Refractive index	1,6	-
En büyük tane (44 µ elek)	23,7	µ
Ort. tane büyük (44 µ elek)	4,52	µ
2 µ altı (44 µ elek)	% 38	-
Beyazlık	% 93	min.
Nem	% 0,4	max.
Dökme yoğunluğu	0,4	g/ml
pH	8,2	-
Yağ emmesi	42	ml/g

Ceviz Kabuğu: Özgül ağırlığı 1,0-1,2 g/cm³ olan ceviz kabukları Maraş18 cinsi (Kahramanmaraş, Çağlayancerit) cevizlerden elde edilmiştir. Yapı itibarıyla, dışta odunsu sert bir kabuk ve içte bariyer şeklinde iki bölümden oluşan ceviz kabuğunun dış katmanı iç bariyere göre daha yumuşaktır. Neme ve suya karşı oldukça duyarlı bir yapıdadır. Mohs sertlik skalasına göre 2,5-3,5 sertlik değerinde olan ceviz kabukları çakı ve iğneyle çizilenler sınıfında yer almaktadır. Ceviz kabuğunun odunsu yapısını oluşturan ve yapının dayanıklı olmasını sağlayan lignin kimyasal bileşimde %50,3 oranında bulunmaktadır. Selüloz, ligninden sonra %23,9 oranda yapıda en çok bulunan ikinci malzemedir. Selüloz ve lignine ek olarak yapıda %22,4 oranında hemiselüloz ve %3,4 oranında da diğer bileşenler yer almaktadır. Çalışmada karışım esnasında topaklaşmayı arttırdığı için iç bariyer ve kabuk kısımları ayrılmış ve yalnızca dışta bulunan odunsu yapı öğütülerek numune hazırlamada kullanılmıştır. Şekil 2'de ceviz ve cevizden elde edilen yan ürünler gösterilmiştir.



Şekil 2. Ceviz kabuğu ve ceviz içinin görünümü⁴

Yöntem

Ceviz Kabuğunun Öğütülmesi ve Elenmesi

Kırma işlemi için sert kabuk kısmı ve yumuşak bariyer kısımları ayrılmış olan Maraş18 cinsi cevizler Lavion HC-500Y Marka kırıcı/öğütücü değirmen tarafından öğütüldü. Şekil 3'te kırıcı/öğütücü değirmene ceviz kabuklarının öğütülmek üzere konulması ve öğütüldükten sonraki görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Ceviz kabuklarının kırıcı/öğütücü değirmene konulması ve öğütülme sonrası elde edilen toz ceviz kabukları

Ceviz kabukları toz haline getirildikten sonra, titreşimli elek makinesi ile eleme işlemine tabii tutuldu (Şekil 3) ve Tablo 4'te verildiği gibi farklı boyutlarda ceviz kabukları eleme makinesi ile ayrıldı.



Şekil 4. Ceviz kabuklarının titreşimli elek makinesine konulması ve eleme işlemi sonrası elde edilen farklı tane boyutundaki toz ceviz kabukları görüntüsü

Tablo 4. Eleme sonrası elde edilen ceviz kabuğu tozlarının boyutsal sınıflandırması

No	Mesh ölçüleri	Mikron ölçüsü	% Oran
1	10 Mesh ve üzeri	2000 μ ve üzeri	0.87
2	10-16 Mesh arası	1190 μ – 2000 μ	43.79
3	16-35 Mesh arası	500 μ – 1190 μ	22.19
4	35-60 Mesh arası	250 μ – 500 μ	10.77
5	60-120 Mesh arası	125 μ – 250 μ	7.46
6	120-230 Mesh arası	63 μ – 125 μ	13.56
7	230-325 Mesh arası	44 μ – 63 μ	0.89
8	325 Mesh ve üzeri	44 μ ve altı	0.47

Hibrit kompozit eldesinde, literatürdeki çalışmalara benzer şekilde 35-60 Mesh tanecik boyutuna sahip ceviz kabukları etüvde 100 °C de 1 saat kurutulduktan sonra kullanıldı (Şekil 5).



Şekil 5. 35-60 Mesh tanecik boyutuna ceviz kabuğu tozlarının etüvde kurutulması

Ceviz Kabuğu Dolgulu Epoksi Kompozitlerin Üretimi

Ceviz kabuğu, epoksi ve sertleştirici Tablo 5'te verilen ağırlıkça karışım oranlarına uygun bir şekilde terazide tartıldı. Epoksi ve sertleştirici 2/1 oranında kullanıldı. Her bir orandaki karışım silikon kalıplara döküldü ve kürleşmeye bırakıldı. Şekil 6'da kalıptan çıkarılan numunelerin görüntüsü verilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada kullanılan karışım oranları

Kod	Epoksi (%)	Sertleştirici (%)	CK (%)
ECK10	60,00	30,00	10
ECK20	53,40	26,60	20
ECK30	46,67	23,33	30
ECK40	40,00	20,00	40



Şekil 6. Kalıplardan çıkarılan ceviz kabuğu dolgulu epoksi numunelerinin resimleri

Talk Dolgulu Epoksi Kompozitlerin Üretimi

Talk dolgulu epoksi kompozitlerin üretilmesi için de aynı prosedür takip edildi. Karışımda yer alan talk, epoksi ve sertleştirici Tablo 6'da belirtildiği oranlarda hazırlandı. Karışım daha önceden hazırlanan silikon kalıplara döküldü ve kürleşmeye bırakıldı. Şekil 7'de kalıptan çıkarılan talk dolgulu epoksi numuneleri gösterilmiştir.

Tablo 6. Çalışmada kullanılan karışım oranları

Kod	Epoksi (%)	Sertleştirici (%)	Talk (%)
Etalk10	60,00	30,00	10
Etalk20	53,40	26,60	20
Etalk30	46,67	23,33	30
Etalk40	40,00	20,00	40



Şekil 7. Kalıplardan çıkarılan talk dolgulu epoksi numunelerinin resimleri

FT-IR karakterizasyonu

FTIR testleri Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR model cihazda ASTM D6348 standardına göre yapılmıştır. Farklı oranlarda ceviz kabuğu takviyesi içeren epoksi kompozitleri ile talk takviyeli epoksi kompozitlerinin kimyasal yapıları Fourier transform kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile 4000 cm^{-1} ile 400 cm^{-1} dalga sayısı aralığında yapıların fonksiyonel gruplarına ait piklerin tanımlanması ile aydınlatılmıştır.

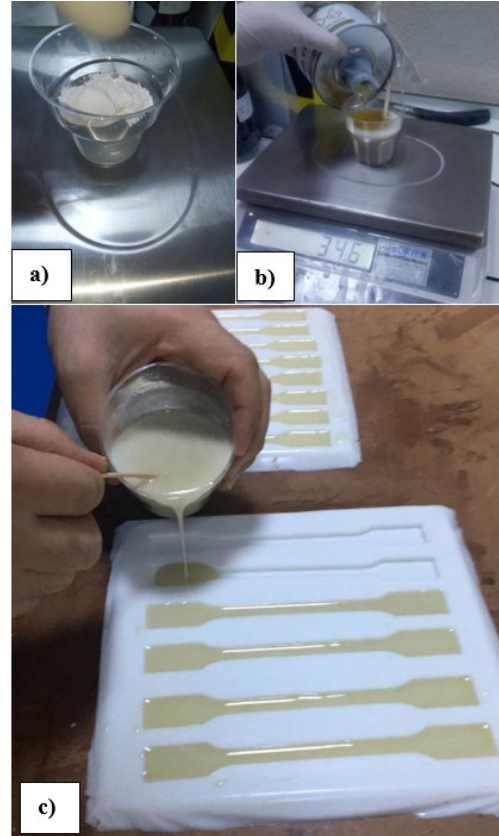
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ceviz kabuklarının sert ve yumuşak kısımlar birbirinden ayrılarak kırıcı öğütücü değirmende başarılı bir şekilde öğütüldü. Ceviz kabuklarının yumuşak ve sert kısımlarının birbirinden ayrılmasının, epoksi döküm esnasında (karıştırma ve kalıba döküm) yumuşak kısımlardan kaynaklı olan topaklaşmayı önlediği görüldü. Eleme işlemiyle eşit boyutlardaki ceviz kabuğu partiküllerinin kullanılması daha homojen bir karışım olmasını sağladı. Şekil 8'de ECK40 kompozitlerinin homojen olarak karıştığı çekme testleri için hazırlanan örneklerden görülmektedir.



Şekil 8. ECK 40 numunelerinin yakından görünümü

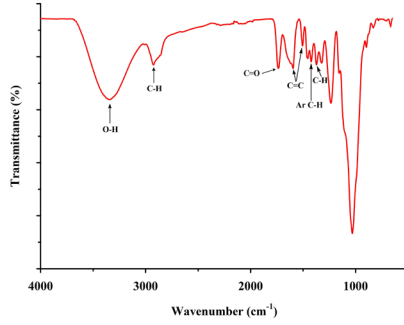
Talk dolgusu içeren epoksi kompozitleri için epoksi tartımı aındıktan sonra üzerinde istenen oranda talk dolgusu eklendi (Şekil 9a). Şekil 9 b'de gösterildiği gibi 2:1 epoksi oranında sertleştirici eklendi. İyice karıştırıldıktan sonra Şekil 9c'de görüldüğü gibi silikon kalıplara döküldü ve kürleşmeye bırakıldı.



Şekil 9. Etalk 40 numunelerinin hazırlanması aşamaları. a) talk'ın epoksiye eklenmesi. b) Sertleştiricinin reçineye eklenmesi. c) Hazırlanan Etalk 40'ın kalıplara dökülmesi.

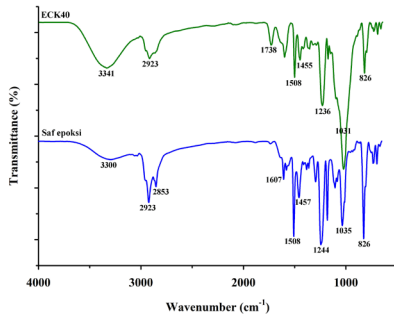
FT-IR Analiz Sonuçları

Şekil 10'da gösterilen saf ceviz kabuğunun FTIR spektrumunda 3350, 2930, 1740, 1596, 1507, 1423, 1373 ve 1240 cm^{-1} dalga sayılarında sırasıyla karakteristik O-H gerilmesi, alifatik C-H gerilmesi, hemiselüloz ve pektine ait karboksilik grupların karbonil C=O gerilmesi, aromatik C=C gerilmesi, alifatik grupların C-H gerilmesi, C-H aromatik halka titreşimi ve lignin içindeki asetil gruplarının C-O gerilmesi görülmektedir.



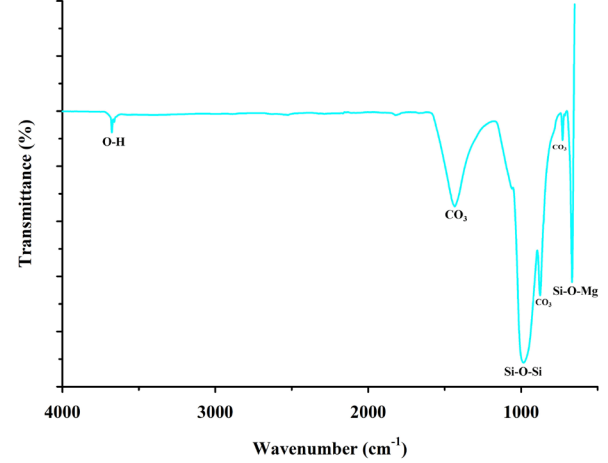
Şekil 10. Saf ceviz kabuklarının FTIR spektrumu

Epoksi reçinesi ve ceviz kabuğu ile modifiye edilmiş epoksi kompozitlerinin FT-IR spektrumları Şekil 11'de gösterilmektedir. 3341 ve 3300 cm^{-1} arasında gözlenen geniş bantlar O-H gerilmesine aittir. 2923 ve 2853 cm^{-1} 'deki pikler $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}_3$ gruplarının simetrik ve asimetrik C-H gerilmesine karşılık gelir. 1607, 1508, 1455 ve 1457 cm^{-1} 'deki pikler aromatik C=C gerilmesine aittir. Epokside gözlenmeyen, ECK40 'ta 1738 cm^{-1} 'de gözlemlenen tepe noktası, ceviz kabuğunun içindeki hemiselüloz ve pektinlere ait ester karbonil grubunun C=O gerilme titreşimine aittir. 1236 ve 1244 cm^{-1} 'deki pikler asimetrik aromatik C-O esnemesine karşılık gelir. 1031 ve 1035 cm^{-1} 'deki pikler simetrik aromatik C-O esnemesine karşılık gelir. 826 cm^{-1} 'deki pikler düzlem dışı aromatik $-\text{CH}$ deformasyonuna karşılık gelir. Özetle, saf epoksi ve %40 ceviz kabuğu dolgulu epoksinin FTIR spektrumları aynı tepe noktaları göstererek benzer davranış göstermiştir.



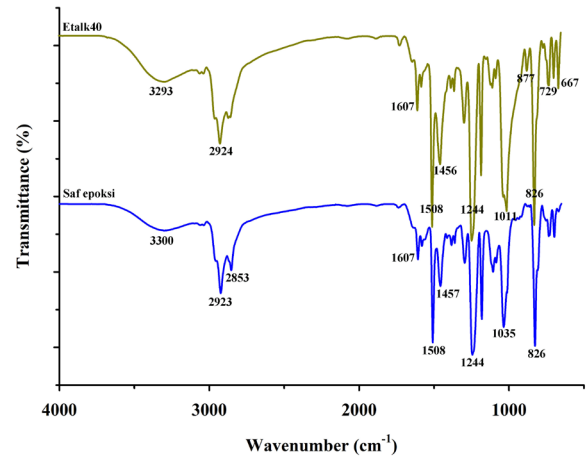
Şekil 11. Saf epoksi ile ECK40'ın karşılaştırmalı FTIR spektrumları

Talkta bulunan mineralleri ve fonksiyonel grupları analiz etmek için de FTIR spektrumu kullanıldı. Şekil 12'deki talk'ın FTIR spektrumunda 3676 cm^{-1} 'deki pikler Si (Si-OH), Fe (Fe-OH) ve Mg (Mg-OH) ile bağlantılı hidroksil gruplarının titreşimlerine atfedilir. 983 cm^{-1} civarında gözlenen güçlü bant, talkın Si-O-Si gruplarının düzlem dışı simetrik gerilmesidir. 667 cm^{-1} 'de bir başka keskin absorpsiyon, talk yapısındaki Si-O-Mg'nin germe titreşiminden kaynaklanmaktadır. 1435 cm^{-1} (güçlü), 875 cm^{-1} (omuz) ve 728 cm^{-1} (zayıf) olarak görünen 3 bant, kalsitin karakteristik CO_3 titreşimine denk gelmektedir.



Şekil 12. Talk'ın FTIR spektrumu

Epoksi reçinesi ve talk dolgusu içeren epoksi kompozitlerinin FT-IR spektrumları Şekil 13'de verilmiştir. Şekil 11'de epoksi reçinesinin karakteristik pikleri detaylı olarak anlatılmıştı. Talk içeren epoksi kompozitlerin FTIR spektrumu incelendiğinde epoksi reçinesine ait piklerin yanında talk'a ait karakteristik piklerin de görülmesi yapıdaki talk içeriğini doğrulamaktadır.



Şekil 13. Saf epoksi ile Etalk40'ın karşılaştırmalı FTIR spektrumları

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada; ceviz kabukları toz haline getirilerek eleme makinesi yardımıyla farklı boyutlarda sınıflandırıldı. Talk ve ceviz kabuğu katkılı epoksi polimer kompozitler homojen olarak başarılı bir şekilde hazırlandı. Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Ceviz kabuklarının yumuşak olan iç kısımlarının öğütme esnasında ayrılmasının topaklaşmayı engellediği ve daha homojen bir karışım sağladığı tespit edildi.
2. Ceviz kabukları ve talk, epoksi polimer kompozitlerin hazırlanmasında dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak karışım esnasında ve sonrasında kalıpta kürlenmeye bırakıldığında aşırı gaz oluşumuna sebep olmaktadır. Vakum ortamında bekletilmesinin gaz oluşumunu önleyeceği ya da azaltacağı düşünülmektedir.
3. Epoksi, talk, karbon siyahı, karbon elyaf, metal tozları (bakır, alüminyum vb.) gibi farklı inorganik katkı maddeleri ve ceviz kabuğu bir arada kullanılarak yüksek ısı ve mekanik özelliklere sahip hibrit kompozitlerin üretilir olduğu görüldü. Toz tane boyutu ve dolgu oranının hibrid kompozitlerin hazırlanmasında önemli bir etken olacağı ve gözlemlendi.
4. Epoksi kompozitlerin üretiminde en önemli problemlerden biri, ceviz kabuklarının nemli olması (kurutulmaması) buna bağlı olarak ceviz kabuğu tozlarının topaklanarak döküm esnasında kalıpta bir noktada toplanması (homojen bir karışım oluşturmaması) ve kompozitlerin mekanik özelliklerini değiştirmesidir. Bunun önlenmesi için ceviz kabukları muhakkak kurutulmalı ve nemden arındırılmalıdır.
5. FT-IR analizi ile saf ceviz kabuğu ve talk'ın karakteristik pikleri tanımlandıktan sonra epoksi ve epoksi+ceviz kabuğu ile epoksi, epoksi+talk kompozitlerinin karşılaştırmalı FT-IR spektrumları, bağ oluşumları incelendi.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Sonraki dönem içerisinde, epoksi, ceviz kabuğu, talk ve ceviz kabuğu+talk katkılı epoksi kompozitlerin polimer döküm yöntemiyle hazırlanması ve numunelerin mekanik ve ısı testlerinin yapılması (Çekme testi, eğme testi, izod darbe testi, sertlik ölçümü, DSC, HDT, TGA vb.) planlanmaktadır. Ayrıca darbe testi kırık yüzeyden SEM'de mikro yapı görüntülemeleri yapılarak yapı içerisindeki dağılımların ve kırılma mekanizmasının incelenmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Yazarlar 2021/YL/0014 nolu, "Ceviz Kabuğu Dolgulu Epoksi Hibrit Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi" isimli proje ile çalışmaya verdiği destek nedeniyle Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Shejkar, S. K., Agrawal, A., Agrawal, B. (2020). "Walnut shell particulates as filler material in polymeric matrix: A review", International Journal of Engineering Research in Current Trends, 2 (3), 41-43.
- [2] Orue, A., Eceiza, A. and Arbelaiz, A. (2020). "The use of alkali treated walnut shells as filler in plasticized poly(lactic acid) matrix composites", Industrial Crops and Products, 145, 111993.
- [3] Alizada, A. (2020). "Alkali ve çeşitli asitlerle modifiye ceviz kabuğu atığının fenolik epoksi reçinede dolgu olarak kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- [4] Çakır Yiğit, N., Karagöz, İ. (2021). "Ceviz Kabuğu Esaslı Polilaktik Asit (PLA) Kompozit Filamentlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu", 9. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, 19-20 Kasım, Uşak, Türkiye, 51-58.
- [5] Czlonka, S., Strąkowska, A. and Kairytė, A. (2020). "Effect of walnut shells and silanized walnut shells on the mechanical and thermal properties of rigid polyurethane foams", Polymer Testing, 87, 106534.
- [6] Cengiz, Ö., Karagöz, İ., Demirel, H. (2021). "Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi." 8. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu. ss. 152-159. 18-19 Haziran, Eskişehir, Türkiye.
- [7] Onat, A., Pazarlioglu, S. S., Sancak, E., Ersoy, S., Beyit, A., Erdem, R. (2013). "Thermal and mechanical properties of walnut shell and glass fiber reinforced thermoset polyester composites", Asian Journal of Chemistry, 25 (4), 1947-1952.
- [8] Nitin, S., Singh V.K. (2013). "Mechanical behavior of walnut reinforced composite", Journal of Materials and Environmental Science, 4 (2), 233-238.
- [9] Singh, V.K. (2015). "Mechanical behavior of walnut (Juglans L) shell particles reinforced bio-composite", Science and Engineering of Composite Materials, 22 (4), 383-390.
- [10] Yöney H., Yükseloğlu S. M. ve Demirel H. (2008). "Keten lif takviyesinin vinilester matrisli kompozitlerin darbe mukavemeti üzerindeki etkisinin incelenmesi", 2. Ulusal Polimer Bilim ve Teknoloji

Kongresi ve Sergisi, 30 Nisan- 02 Mayıs, Şanlıurfa, Türkiye.

[11] Sağbaş, A., Kahraman, F. ve Koyuncu, M. (2009). “Keten lifleri ile takviye edilmiş polyester esaslı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin araştırılması”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24, 185-192.

[12] Boriaa, S., Pavlovicb, A., Fragassab, C., Santullic C. (2016). “Modeling of falling weight impact behavior of hybrid basalt/flax vinylester composites”, Prodecia Engineering, 167, 223-230.

[13] Huo, S., Thapa, A., Ulven, C. (2013). “Effect of surface treatments on interfacial properties of flax fiber reinforced composites”, Adv Compos. Mater., 22, 109-121.

[14] Ramnath, V., Manickavasagam, B., Elanchezhian, V. M. C., Krishna, V., Karthik, C., Saravanan, K. (2014). “Determination of mechanical properties of intra-layer abaca-jute-glass fiber reinforced composite”, Materials and Design, 60, 643-652.

[15] Zhang, Y., Li, Y., Ma, H. ve Yu, T. (2013). “Tensile and interfacial properties of unidirectional flax/glass fiber reinforced hybrid composites”, Composites Science and Technology, 88, 172-177.

[16] Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Liverani, A., Marinelli, N., Nisini, E. (2015). “Mechanical characteristics of two environmentally friendly resins reinforced with flax fibers”. Strojniški Vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 61, 217-226.

[17] Muralidhar, B., Giridev, V., Raghunathan, K. (2012). “Flexural and impact properties of flax woven, knitted and sequentially stacked knitted/woven preform reinforced epoxy composites”, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 31, 379-388.

[18] Sapuan, S.M., Leenie, A., Harimi, M., Beng, Y.K. (2006). “Mechanical properties of woven banana fibre reinforced epoxy composites”, Materials & Design, 27, 689-693.

[19] Usta, I., Akalın, M., Koçak, D., Merdan, N. (2003). “Farklı oranlardaki pamuk atıkları ile desteklenmiş PP polimerinin oluşturduğu kompozit yapının mekanik ve akış özelliklerinin incelenmesi”, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 16, 405-410.

[20] Manikandan, K.C., Diwan, S.M., Thomas, S. (1996). “Tensile properties of short sisal fiber reinforced polystyrene composites”, Journal of Applied Polymer Science, 60, 1483-1497.

[21] Kaya, N. (2017). “Fındık ve çeltik kabukları ve odun talaşı ile takviye edilmiş termoset kompozitlerde reçine türünün fiziksel özelliklere etkisi”, Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, 17, 1076-1087.

[22] Venkatesh, B. (2015). “Fabrication and testing of coconut shell powder reinforced epoxy composites”, International Journal of Advance Engineering and Research Development, 2 (2), 89-95.

[23] Gairola, S., Gairola, S., Sharma, H., & Rakesh, P. K. (2019). “Impact behavior of pine needle fiber/pistachio shell filler based epoxy composite”, In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1240, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.

[24] Salasinska, K., Barczewski, M., Górny, R., Kloziński, A. (2018). “Evaluation of highly filled epoxy composites modified with walnut shell waste filler”, Polymer Bulletin, 75, 2511-2528.

[25] Barczewski, M., Sałasińska, K. and Szulc, J. (2019). “Application of sunflower husk, hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fillers for epoxy-based composites: A study into mechanical behavior related to structural and rheological properties”, Polymer Testing, 75, 1-11.

[26] Isam Bakr Albaker, R., Kocaman, S., Marti, M. E., Ahmetli G. (2021). “Application of various carboxylic acids modified walnut shell waste as natural filler for epoxy-based composites”, J Appl Polym Sci., 138 (31), 50770.

-
- ADIBELLİ, Üzeyir (0000-0001-7184-7354)
 - MUTLU, Derya (0000-0001-9188-7847)
 - ÇAKIR YİĞİT, Neşe (0000-0002-4714-4488)
 - KARAGÖZ, İdris (0000-0002-2644-8511)

Ram Ekstrüzyon Yöntemiyle Genişletilmiş Polytetrafluoroethylene (E-PTFE) Çubuk Üretimi

YILMAZ, Galip¹, USLU, Emin¹

¹Bayburt Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
galipyilmaz@bayburt.edu.tr

YILMAZ, Galip (0000-0001-8128-3193)
USLU, Emin (0000-0003-3538-6022)

ÖZET

Bu çalışmada düşük partikül boyutlu ve düşük molekül ağırlıklı bir Polytetrafluoroethylene (PTFE) türünün ram (pistonlu) ekstrüzyon yöntemi ile işlenebilirliği incelenmiştir. Çalışma kapsamında laboratuvar ölçekli bir ram ekstrüzyon prototipi tasarlanmış ve üretilmiştir. Ana parametrelerden olan sıkıştırma oranı düşük tutulmuş ve akış kolaylaştırıcı sıvı olarak yüksek oranda (%22) saf Etanol kullanılmıştır. Bunların neticesinde düşük basınç ile çubuklar kolaylıkla üretilebilmiştir. Fakat düşük basıncın bir yan etkisi gözlenmiştir. Ekstrüzyondan elde edilen çubuklar kolaylıkla kırılan, düşük mukavemetli bir formda elde edilebilmiştir. Bu nedenle genişletilme işlemleri için gerekli üretim parametrelerinin neler olabileceği tartışılmıştır.

AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı düşük molekül ağırlıklı ve düşük partikül boyutlu bir PTFE türünün ram ekstrüzyonda nasıl davrandığını ve ne şartlarda kaliteli çıktılar verdiğini araştırmaktır. Bu kapsamda literatür baz alınarak bir laboratuvar tipi ram ekstrüzyon üretilmiş ve malzeme davranışı incelenmiştir.

GİRİŞ

Klasikleşen ticari ismi Teflon olarak da bilinen PTFE polimeri günümüzde sanayiden medikal uygulamalara, savunma alanından, uzay alanına kadar birçok alanda karşımıza çıkan bir ileri mühendislik malzemesidir. Kendi kimyasal yapısı gereği polimer zincirinde Fluorine (F) atomu içermektedir. Bu atomun hidrojen atomuna göre çok büyük bir hacme ve çok daha güçlü karbon bağına sahip olması PTFE malzemesinin karakteristik özelliklerini ortaya çıkarmaktadır¹. Bunlar arasında, çok düşük sürtünme katsayısı ve diğer polimerlere göre çok yüksek termal dayanım ön plana çıkmaktadır². Gene polimer zincir yapısından dolayı ya kendi etrafında dönebilen ve “entanglement” denilen yani polimer zincirlerinin interfüzyon ile birbirlerine adeta dolanması davranışını çok az sergilediğin den dolayı kristal yapısı çok özel davranışlar sergilemektedir. Bunlardan en ilginç 19 °C derecenin üzerinde iken kristal hattı geçişine sahip olmasıdır.

Bu nedenle kristal içindeki çok aktif moleküler hareket 327 °C erime noktasının çok altında bile gözlenmektedir³.

Önemli hususlardan bir tanesi ince toz halindeki PTFE polimerinin fibrilasyon sorunu denilen durumdur. Fibrilasyon malzemenin yapısını kalıcı olarak etkileyen bir sorundur. PTFE doğası gereği 19 °C değerinin altında fibrilasyon yapmaz. Bu nedenle bu derecenin altında depolanmalı ve işleme anına kadar mümkünse soğuk tutulmalıdır. Fibrilasyon malzemenin akış özelliklerini azaltan ve yapısında kalıcı deformasyonlar oluşturan bir sorundur⁴.

Genişletilmiş Teflon (E-PTFE) toz haldeki hammaddeye şekil verilerek elde edilen bir geometriye ani bir deformasyon uygulama yöntemi ile elde edilmektedir. E-PTFE'nin sayısız kullanım alanları vardır. Bunlardan en ilginç şüphesiz yapay kalp damarlarıdır. Diğer bir yaygın kullanım ise Tekstil sektöründe su itici fakat hava alabilen kumaşlar olarak görülmektedir¹. Bir diğer uygulama örneği ise sanayide sızdırmazlık elemanı olarak kullanımıdır. Kaliteli bir E-PTFE üretebilmek için ilk önce malzemenin fibrilasyon deformasyonuna uğramamış olması gerekmektedir. Bir diğer kriter de ekstrüzyon prosesinin dikkatli ve sistematik bir şekilde gerçekleştirilmesidir⁵.

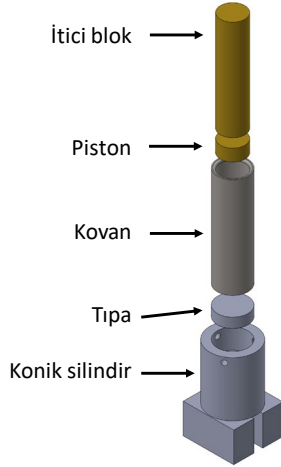
DENEYSEL

Malzeme

PolisSRL şirketinin ürettiği PMX 02 ürün numaralı, akıcı olmayan tip, saf PTFE toz malzemesi bu çalışmada kullanılmıştır. Kullanımdan önce malzeme 17 °C derecelik soğuk depoda tutulmuştur.

Yöntem

Laboratuvar tipi bir ram ekstrüder talaşlı imalat yöntemleri ile bu çalışma kapsamında üretilmiştir. Kovan malzemesi bir paslanmaz çelikten, karmaşık geometrideki konik silindirik alüminyum malzemenin, aşınmaya dayanıklı olduğundan piston ve itici blok için pirinçten bir malzeme kullanılmıştır. Polimerle temas halindeki bütün yüzeyler parlatılmıştır. Şekil 1'de üretilen ram ekstrüderin bir modeli görülmektedir. Ayrıca Şekil 2'de üretimi tamamlanmış gerçek parçalarında resmi görülebilir.



Şekil 1. Üretilen ram ekstrüderin bir modeli, yukarıdan aşağıya kullanım yerlerine göre dizilmiştir.

Ekstrüder içinde kullanılan malzeme karışımını hazırlama prosedürü şöyledir. 17 °C’de depolanan PTFE toz malzemesi genişçe bir cam kavanoza aktarıldıktan sonra, ağırlıkça %22 oranında saf etanol üzerine eklenmiştir. Ardından bu karışım döner mikser üzerinde gene soğuk ortamda 30 dakika boyunca 10 rpm dönme hızında karıştırmıştır. Ardından karışım 2 saat kadar bir süre oda sıcaklığında bekletilmiştir.



Şekil 2. Üretilen parçaların gerçek resimleri. Not: Kovan dışında bir alüminyum silindir (en sağda) ısı tutucu olması ve kovayı sabitlemesi amacıyla sonradan eklenmiştir.

Yeterince bekletilmiş karışım ekstrüderin kovanına yavaşça doldurulup her 1 cm dolunda karışım manuel olarak sıkıştırılmıştır. Yaklaşık 50 gram malzeme kovana aktarıldıktan sonra oda sıcaklığı 30 °C olan laboratuvarında yaklaşık 1 saat kadar bekletilmiştir. Ardından yaklaşık 0.5 MPa bir ön yük verilerek karışım sıkıştırılmıştır. Daha sonra kovanın içerisindeki sıkıştırma aparatı çıkarılıp sadece piston bırakılmıştır.

Ekstrüder sabit hızda 10 mm/dk çalıştırılıp çıkan numuneler el ile toplanmıştır.

Tablo 1. Deneysel parametreler

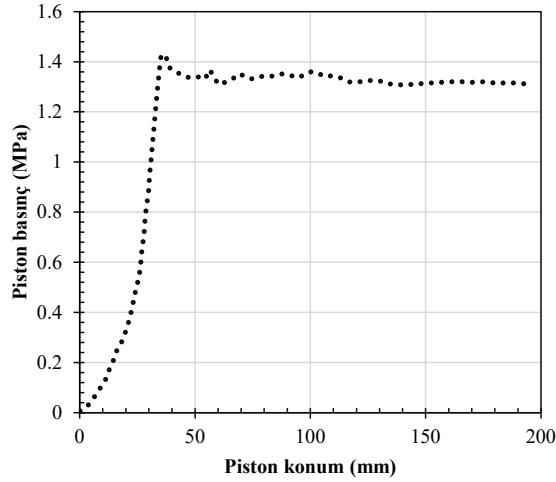
	Değer	Birim
Depolama sıcaklığı	17	°C
Karıştırma sıcaklığı	17	°C
Etanol miktarı	22	%
Karıştırma süresi	30	dk
Karıştırma hızı	10	rpm
Bekletme süresi	120	dk
Ekstrüzyon hızı	10	mm/dk
Ekstrüzyon sıcaklığı	30	°C
Kalıp çıkış çapı	6	mm
Kalıp kanal uzunluğu	18	mm

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

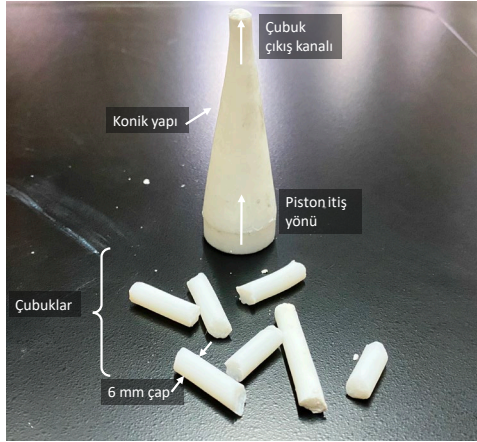
Ekstrüzyon sonucunda mekanik test makinesi vasıtasıyla elde edilen piston basınç ve piston konum grafiği Şekil 3'te gösterilmiştir. Malzeme içerisindeki hava boşluklarının sıkışması ve malzemenin konik yapıda git gide daralan bir alana dolmasından dolayı hızlı bir basınç artışı prosesin başında gözlenmiştir. Bir doyum noktasına ulaşıldıktan sonra yaklaşık 45 mm'den itibaren basıncın 1.3 MPa gibi bir değerde sabit kaldığı görülmektedir. Basınç grafiğindeki dalgalanmalar malzeme içerisindeki rastgele sıkışmış hava kabarcıklarına işaret etmektedir. Bu nedenle kovan içine malzeme dolumu dikkatlice gerçekleştirilmeli ve hava kabarcıkları oluşumu olabildiğince engellenmelidir.

Beklendiği üzere basıncın azami noktası normal değerlerden çok düşük olduğu gözlenmiştir. Düşük olması malzeme içerisinde normalden fazla akışı kolaylaştırıcı etanol olduğu ve bir miktarda hava kabarcıkları kaldığı anlamına gelmektedir. Ayrıca unutulmamalıdır ki kalıp çıkış kanalı kısa ve çapı geniş tutulmuştur. Buradaki amaç malzemenin düşük basınçlarda üretilmesini sağlamaktır. Çünkü birçok proste olduğu gibi yüksek basınç maliyetleri artırdığından ve üretimin güvenilirliğini düşürdüğünden istenmeyen bir durumdur.

Şekil 4'te ekstrüzyon işleminden sonra kalıptan çıkarılan kolik yapı ve üretilen bazı çubuklar görülmektedir. Çubukların düzensiz ve kolayca kırılabilir bir yapıda olması düşük basıncın ürün kalitesini olumsuz etkilediği görülmektedir. Burada düşük basınçla kaliteli çubuk üretiminin yollarının araştırılması gerekmektedir. Yeterli uzunlukta ve sağlamlıkta çubuk elde edilemediğinden dolayı Teflon genişletme işlemine geçilememiştir. Daha kaliteli numunelerin üretilmesi için sonraki dönem çalışmaları gerekmektedir.



Şekil 3. Piston basınç ve piston konumunu gösteren grafik



Şekil 4. Ekstrüzyondan sonra kalıptan çıkarılan konik yapı ve üretilen bazı çubuklar

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Sonraki dönem çalışmaları olarak öncelikle akışı kolaylaştırıcı görevindeki etanolün değişik yüzdelerde ekstrüzyon prosesine etkisi çalışılmalıdır. Ayrıca çıkış kalıbı geometrisi farklı eklentiler ile değiştirilerek bu kritik geometrinin ekstrüzyon işlemine ve çıkan çubuklara etkisi incelenmelidir. Burada en önemli parametre çıkış kanal çapının boyuna oranıdır. Bu oran hali hazırdaki kalıpta çok 3.0 gibi oldukça küçük tutulmuştur. Bu değerin 20.0 gibi oranlara kadar çıkmasının buradaki PTFE tipinin kendine özgü ekstrüzyon karakteristiğini nasıl etkileyeceği ve basınç değeri üzerine etkisi çalışılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Taşkale Polimer Sanayi ve Ticaret Ltd. şirketine PTFE ham toz malzemesini sağladıklarından dolayı teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

1. Ebnesajjad S. *Expanded PTFE Applications Handbook: Technology, Manufacturing and Applications*. Elsevier Inc.; 2016.
2. Dhanumalayan E, Joshi GM. Performance properties and applications of polytetrafluoroethylene (PTFE)—a review. *Advanced Composites and Hybrid Materials* 2018 1:2. 2018;1(2):247-268. doi:10.1007/S42114-018-0023-8
3. Ylianttila L, Schreder J. Temperature effects of PTFE diffusers. *Optical Materials*. 2005;27(12):1811-1814. doi:10.1016/j.optmat.2004.11.008
4. Brown EN, Rae PJ, Bruce Orler E, Gray GT, Dattelbaum DM. The effect of crystallinity on the fracture of polytetrafluoroethylene (PTFE). *Materials Science and Engineering: C*. 2006;26(8):1338-1343. doi:10.1016/j.msec.2005.08.009
5. Roina Y, Auber F, Hocquet D, Herlem G. ePTFE functionalization for medical applications. *Materials Today Chemistry*. 2021;20:100412. doi:10.1016/j.mtchem.2020.100412

Tavlama Sıcaklığının Cam Liflerinin Yüzeyinde ALD Al:ZnO İnce Filmlerin Fotokatalitik Etkinliği Üzerine Etkisi

ÖZKAN, Sena, AKYILDIZ, Halil İ.

Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Nilüfer, BURSA

halilakyildiz@uludag.edu.tr

ÖZKAN, Sena (0000-0001-7507-6374)

AKYILDIZ, Halil İ. (0000-0002-8727-5829)

ÖZET

Fotokataliz mekanizması için önerilen uygulama alanlarından birisi de atık sularda bulunan organik kirleticilerin radikal türler ile oksidasyon veya indirgenmesi yoluyla zararsız veya daha az zararlı hale getirilmesidir.^{1,2} Fotokatalitik etkinliğin artmasında en önemli parametrelerden biri de katalizör yüzey alanının fazlalığıdır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda özellikle nano boyutta parçacık malzemelerin kullanılması çok yaygın olup bu yaklaşımın temel problemi parçacıkların işlem sonrasında sudan uzaklaştırılmasıdır. Bu sorunun üstesinden gelinmesi için katalizör malzemelerin immobilize edilmesi yaklaşımı tercih edilebilmektedir. Düzlemsel yüzeylerde yapılacak immobilizasyon işlemi ile yeteri kadar katalizör yüklemesi yapılamayacağından tekstil yapıları gibi daha yüksek yüzey alana sahip malzemeler tercih edilebilir. Bu çalışmada ALD yöntemini kullanılarak yüksek yüzey alanına sahip alttaş malzemede farklı kompozisyonlara sahip filmler oluşturularak, farklı katkı oranlarının ve tavlamanın fotokatalitik aktivite üzerindeki etkinlikleri belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 118M617 ve 218M275 numaralı projeler ve ayrıca Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen OUAP(MH)-2018/7 ve TDAP(MH)-2019/2 numaralı projeler sayesinde gerçekleştirilmiştir.

CHAPTER 4

TEKSTİL TEKNOLOJİLERİ TEXTILE TECHNOLOGIES



Düz örme tekniğiyle üretilmiş çok kullanımlık 3 boyutlu corona maskeleri

ÜNAL, Ahmet, BETZ, Daniel, WAGNER Marlen



Reutlingen Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

ahmet.uenal@reutlingen-university.de

ÖZET:

2019 sonu ortaya çıkan ve çok kısa sürede bütün ülkelere yayılan corona salgını, bütün insanlık için çok büyük bir problem haline gelmiştir. Tüm ülkeler vatandaşlarını bu salgından korumak amacıyla, insanları evlerine kapatmak da dahil olmak üzere bir çok önlem almak zorunda kalmışlardır. Günümüzde Corona virüsünün yayılmasını engellemek için, hemen hemen tamamı dokusuz yüzeylerden elde edilen tek kullanımlık maskeler kullanılmaktadır. Bu tür maskeler bir yandan corona virüsünün yayılmasını önlerken diğer taraftan da tek kez kullanılıp atılmalarından dolayı çevre problemlerinin artmasına sebep olmuşlardır. Hem corona virüsünün yayılmasını engellemek hem de birçok kez kullanılabilmelerini sağlamak için alternatif bir maske yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alternatif maske üretme yöntemlerinden biri de düz örme tekniğidir ve bu çalışmada Reutlingen Üniversitesi örme laboratuvarlarında geliştirilen çok kullanımlı bir maske yapısı, iplik seçiminden makinede üretilmesine kadar tüm üretim aşamalarıyla anlatılmıştır.

Plant assisted green synthesis of metal oxides

Mohammad Mansoob Khan



Chemical Sciences, Faculty of Science, Universiti Brunei Darussalam, Jalan Tungku Link,
Gadong, BE 1410, Brunei Darussalam.

*Email: mmansoobkhan@yahoo.com and mansoob.khan@ubd.edu.bn

Abstract

Fabrication of semiconductors, mainly metal oxides, depends largely on methods that involved toxic chemicals and harsh reaction conditions which have been identified as the foremost drawbacks and potential threats to health, environment, plants, animals, and its usage. Instead, green synthesis has gained popularity as it is eco-friendly, cost-effective, and generates minimal waste. This talk focuses on the phytogenic green synthesis of selected metal oxides, such as ZnO, SnO₂, CeO₂, doped-ZnO, doped-SnO₂, doped-CeO₂, etc., using various aqueous plant extract and different plant parts, as well as evaluating their potential applications. This talk will also emphasize the effect of aqueous plant extracts and other solvents on the size, morphology, and other properties, mainly optical properties, of the synthesized metal oxides and doped-metal oxides. These synthesized nanomaterials have been mainly used for photocatalysis-related applications such as dye degradation, wastewater treatment, artificial wastewater treatment, chemicals synthesis, electrode materials, photoanodes, optoelectronic devices, etc. The green synthesized nanomaterials using several aqueous plant extracts can further be used for various visible-light-induced photocatalysis-related applications owing to their low band gap energy.

Pad Batch Boyama Bölümünde İpliği Boyalı Ürünlerde Proses Optimizasyonu

ELİBÜYÜK ARAS, Sultan¹, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa¹, GELGEÇ, Esra¹,
TASAN KOPTUR, Perinur¹, DEMİR, Özlem¹, YILDIRIM, F. Filiz¹

¹Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi
saras@ozanteks.com.tr

ÖZET

Tekstil boya işletmelerinde ana giderler olan; yakıt, elektrik enerjisi, kimyasal maddeler ve sudur. Tekstil bölümlerin arasında terbiye işletmesinde çok fazla su kullanılmaktadır. Bir kilogram tekstil ürünü üretebilmek için yaklaşık olarak 95-400 litre suya ihtiyaç vardır. Su tükenmekte olan en önemli doğal kaynaklardır. Bu sebeple işletmeler kullanılan su miktarını azaltma çalışmaları yapmaktadırlar. Ayrıca, tekstil terbiye işletmelerinde, boyarmaddelerle birlikte atık su karakterini önemli ölçüde belirleyen çok sayıda kimyasal madde kullanılmaktadır. Firmamızın benimsemiş olduğu sürdürülebilir bir üretim çerçevesi içerisinde bu çalışmada, pad batch boyama bölümünde ipliği boyalı ürünlerde yıkama ve kurutma adımları optimize edilerek yeni prosesler belirlenmiş ve bu optimizasyon sırasında numunelere uygulanan testler değerlendirilmiştir.

AMAÇLAR

Hızla gelişen teknoloji ve artan dünya nüfusu, insanların yaşam standartlarında değişikliklere yol açmaktadır. Öte yandan dünya enerji kaynakları hızla azalmakta iken, buna karşılık enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Enerji çoğu sektör için olduğu gibi, tekstil için de temel gider kalemlerinden biridir. Türkiye ekonomisi için, istihdam ve ihracat anlamında önemli bir yere sahip olan tekstil işletmeleri, gelişen rekabet şartlarına uyum sağlamak zorundadırlar. Bu yüzden de giderlerini ve özellikle enerji maliyetlerini azaltmak durumundadırlar.

Tekstil terbiye işletmelerinde, boyarmaddelerle birlikte atık su karakterini önemli ölçüde belirleyen çok sayıda kimyasal madde kullanılmaktadır. Birçoğu çevresel açıdan risk içeren bu maddeler, atık su ile birlikte bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekstil sanayiinde 1 ton ürüne karşılık 200 m³ ile 350 m³ arasında atık su oluşumu söz konusudur. Bu çalışmada, PadBatch bölümünde ipliği boyalı havlularda yıkama ve kurutma aşamasında yapılan üretim tasarruf optimizasyonu ile kazanılan enerji, su ve kimyasal tasarruflar ortaya konularak, edinilen kazanımlar değerlendirilmiştir.

GİRİŞ

Canlı yaşamı için suyun önemi tartışılmaz bir gerçektir. Günümüzde nüfusla birlikte artan ihtiyaca karşılık iyi yönetilememesi, suyun önemini çok daha kritik bir noktaya taşımıştır. Geçmişte kontrollü su tüketimi söz konusu bile değilken, bugün control mekanizmaları gittikçe yoğunlaştırılmak durumunda kalmıştır. Su kirliliği, su tasarrufu ve geri dönüşümü/ geri kazanımı günümüzün önemli çalışma konuları arasına girmiştir. (Aksay vd., 2005; Karadağ, 2008; Gezer, A. ve Erdem, A. 2018).

Türkiye, su zengini sayılabilecek bir ülke değildir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, ilerleyen zamanlarda büyük bir su sıkıntısı ile karşılaşma olasılığı oldukça yüksektir.

Sanayide, su tüketimi yönü ile tekstil sektörü ilk sıralarda yer almaktadır (Alper, 2015). Tekstil kumaşı için, uygulanan proseslere ve elyaf türüne bağlı olarak, ton ürün başına 20 m³ ile 230 m³ arasında su tüketilmektedir (Kalaycı, 2021). Teknolojik gelişmeler ve nüfus artışıyla birlikte sürekli büyüyen enerji ihtiyacına mukabil, kaynaklardaki azalma, mevcut enerji kaynakların etkin kullanımını zorunlu kılmıştır (Kalaycı vd., 2019; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018; Şen, 2007).

Endüstriyel tesislerdeki enerji sarfiyatının dörtte birinin alıcı ortama salınan, ısı ve gaz kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Bu derece büyük bir kaybın uygun teknolojilerle tekrar geri kazanımı, az sayılmayacak ilk yatırım maliyetine rağmen, kısa sürede geri dönüşümü ve çevreyi koruyucu etkisi sebebiyle endüstriyel tesislerde tercih edilmektedir (Selbaş, 1992; Tokgöz ve Özgün, 2019). Kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu, kendini yenilemeyen esaslı olduğundan, bu tasarruf kaçınılmazdır (Gifford 2012; Dursun ve diğ., 2017; Kalaycı ve Çağlar, 2021).

Diğer taraftan maliyet kalemleri arasında enerji ana giderlerdendir. Bundan dolayı işletmeler enerji verimliliği çalışmalarını hızlandırmak durumunda kalmışlardır.

Tekstil işletmelerinde kullanılan enerjinin çok büyük kısmı elektrik enerjisidir. Türkiye’de tüketilen toplam enerjinin % 6-7 kadarlık bölümü tekstil sektörüne aittir (Öztürk, 2012; DPT, 2005; Kalaycı, 2021).

Tekstil üretiminde, toplam giderler içinde enerjiye düşen pay % 6-14 arasındadır. Toplam sanayi içinde tekstil sektörünün enerji tüketim payı ise %7,2'dir. Özellikle bitim işlemleri de denilen proses son aşamalarında ısı enerji sarfıyatı artmaktadır. En yüksek ısı enerjisi tüketimi, % 75'lerdeki bir değerle tekstil terbiye proseslerinde söz konusudur (Enerjinin Etkin Kullanımı ve Enerji Tasarrufu ile İlgili Teknolojiler-Alt Grup Raporu. 2017; Uyanık ve diğ., 2019).

Tekstil terbiye sektöründe fazla su sarfıyatının yanı sıra önemli ölçüde yardımcı kimyasal madde kullanımı da söz konusudur. Bu miktar proses türüne, işlem yapılan materyal cinsine, makine tipine göre, materyalin ağırlıkça % 10'u ile % 100'ü arasında değişkenlik gösterebilmektedir (Hendrickx, ve Boardman, 1995; Can, 2014).

Dünyada sadece tekstil endüstrisinden kaynaklı günde 4 milyar ton atıksu oluştuğu öngörüsü yapılmaktadır. Bu derece yüksek miktarda atıksu oluşumu ve dolayısı ile su tüketimi, tekstil sektöründe suyun iyi yönetimini zorunlu hale getirmiştir. Özellikle tekstil terbiye işlemleri sonucu oluşan atıksuyun ekolojik değerlere zarar vermeyecek şekilde geri kazanımı/ bertarafı başlı başına bir sorun halini almıştır.

Günümüzde mevcut teknolojilerle atıksuların tekrar kullanılması, yaygın uygulaması olan bir proses değildir. Uygulamada, temiz suya ulaşım atıksuyun arıtılıp tekrar kullanılmasından daha ekonomik olabilmektedir. Burada belirleyici kriter temiz suya ulaşım kolaylığı ve maliyet boyutudur.

Yapılan yıkamanın şiddetini, büyük ölçüde boyarmaddenin substantivitesi belirler. Substantivite yüksekse hidrolize uğramış boyarmaddelerin kumaş üzerinden uzaklaştırılması zor olacaktır. Çektirme yöntemlerinde kullanılan reaktif boyarmaddelerin substantivitesinin, emdirmeye yönteminde kullanılanların aksine, yüksek olması boyama sonrası yapılan yıkama işlemlerinin daha etkili olmasını gerektirmektedir.

Tekstil boyahaneleri, sadece boyama işleminin yapıldığı yerler değil, aynı zamanda, kumaşın işletmeye girişinden başlayıp, ham kontrol, açma, gaze, yıkama/kasar, haşıl sökmeye, yaş açma, kurutma, apre, sanfor, şardon, son kalite kontrol, ambalaj gibi bir dizi işlemlerin de yapıldığı tesislerdir. Bu sebeple önemli ölçüde suya ihtiyaç duyan bir sektör olduğu gibi, enerji anlamında da ciddi bir tüketim söz konusudur. Diğer bir ifade ile su ve enerji tasarruf çalışmaları sektörün önceliklerindendir.

Ozanteks Tekstil işletmelerinde uygulanan tüm üretim işlemlerin de kaynakları en yüksek verimde ve en yüksek performansta kullanmayı hedeflediği gibi çevre ile dost, ekonomiye katkı sağlayan çalışmalarla desteklemeyi amaçlar. Bu bağlamda boyahane bölümünde de üretim yaparken enerji, su, kimyasal vb. gibi kaynakları da tasarruflu kullanmayı hedefler.

Bu çalışma ile boyahane işletmemiz içerisinde pad batch boyama bölümünde ipliği boyalı ürünlerimizin yıkanması ve kurutulması sırasında fazla su ve enerji kullanımını azaltmak için proses değişikliği çalışması değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar sırasında eski proses ve yeni proses arasında ürünlerde oluşabilecek hidrofilite ve haslık test sonuçları incelenmiştir. İpliği boyalı ürünlerde kumaşların yıkanması ve kurutulması sürecinde tüketilen zaman, kimyasal, enerji ve su değerleri incelenerek en ideal kullanımına yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Böylece sürdürülebilirlik kapsamında üretilecek yeni sürecin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

DENEYSEL

Malzeme

Denemeler için ilk ipliği boyalı havlı ürünlerden oluşan Ne 16/1 ring iplikten dokunmuş, 50 kg iki top ürün yıkama için pad batch bölümüne işleme alınmıştır.

Yöntem

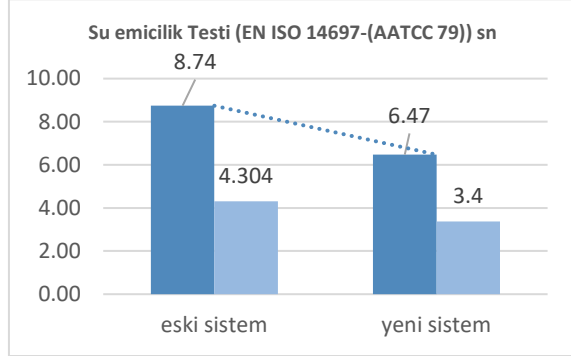
Faaliyetler kapsamında yapılan uygulamada: İpliği boyalı ürünlerde pad batch yıkama süresinin azaltılması kumaşlar için uygulanan boyama ve yıkama işlemlerine yönelik literatür incelenerek, üretime uygulanabilecek alternatif prosesler seçilmiştir. Üretim ve Ar-ge ile odak grup toplantıları gerçekleştirilmiş, tasarruf adımları belirlenmiş ve deney planları oluşturulmuştur. Yeni süreçler ile ilgili süre ve akış denemeleri yapılarak müşteri kalite beklentilerine uygun optimum proses belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar hidrofilite ve haslık testlerine tabi tutulmuştur. Problem çıkması durumunda literatür araştırmaları derinleştirilerek ve yeni denemelerin yapılması öngörülmüştür.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Proje uygulamaları öncesinde ipliği boyalı havlı ürünlerde, bir ürünün yıkama prosesleri sırasında 1 kg için 20-25 litre su alımı ile başlarken işlem boyunca su azalmasına göre su alımı devam ederek tüketim gerçekleşmektedir. Çalışma sonrası 1 kg ürün için 1 L su tüketilmektedir. Renk fakı olan ürünler de de bu durum değişmemiş, 1 kg ürün için su tüketimi yine aynı bire bir olmaktadır. En çok su tasarrufu, ürünlerin ilk yıkama adımına girdiğinde pad batch makineinde fulard küveti dolumu ile gerçekleştirilmiştir.

Proses geliştirme ve yenileme süreç alan ve denemeleri tekrarlanan bir sistemdir. Denemeler sırasında yapılan nuunelere yapılan testler; evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı (ISO 105-C06), sürtünmeye karşı renk haslığı tayini (TS EN ISO 105-E04) ve Hidrofilite testleri EN İSO 14697 ve ATCC 79 standartlarına göre yapılmıştır. Yıkama haslıkları

Gyrowash makinesinde ve kuru- yaş sürtme haslığı da crockmeter cihazı ile yapılmıştır. Hidrofilite ölçümlerinin sonuçlarına bir örnek aşağıda (şekil 1) verilmiştir.



Şekil 1. Su Emicilik-Hidrofilite Testi (EN ISO 14697-(AATCC 79)) sn

Evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı (ISO 105-C06), sürtünmeye karşı renk haslığı tayini (TS EN ISO 105-E04) Haslık test sonuçları ise Tablo 1 'de verilmektedir.

Tablo 1. Eski sistem ve yeni sistem haslık test sonuçları

		Yıkama Haslığı Testi (ISO 105-C06)						
Pad Batch İpliği Boyalı		Yün Akrilik Polyester Naylon Pamuk Asetat						
		1	2	3	4	5	6	7
		Eski	Yeni	Eski	Yeni	Eski	Yeni	Eski
	1	Eski	5	5	5	5	4	5
	2	Yeni	5	5	5	5	5	5
		Sürtmeye karşı renk haslığı tayini (TS EN ISO 105-X12)						
Pad Batch İpliği Boyalı		Yaş Sürtme Haslığı			Kuru Sürtme Haslığı			
		1	2	3	4	5	6	7
		Eski	Yeni	Eski	Yeni	Eski	Yeni	Eski
	1	Eski	4			5		
	2	Yeni	5			5		

Yapılan testler sonucunda proses iyileştirme ile hidrofilite değerlerinin eski sistem ve yeni sistem arasında iyileşmelerin olduğu görülmüştür. Haslık değerlerinde ise eski sistem ve yeni sistem arasında fark çok olmamakla birlikte ürünlerin haslık kalitesinde artış yaşandığı da görülmektedir. Söz konusu yapılan optimizasyon sonucunda, aşağıda verilen tablo 2'de yapılan tasarruflar özetlenmiştir.

Tablo 2. Eski sistem ve yeni sistem yapılan tasarrufların karşılaştırması

	ESKİ SİSTEM	YENİ SİSTEM
SÜREÇ MALİYETİ	0,25 €/kg	0,15 €/kg
SU TASARRUFU	6,67 L su/1 kg ürün için	1 L/1 kg ürün için
KAPASİTE	Ek mesai	Kapasite artışı

Proses adımlarının kısaltılması ile zaman tasarrufu da sağlanmıştır. Süreç maliyeti 0,25€/kg oluyor iken, yeni süreçte bu durum 0,15 €/kg olmakta ve %40 İyileşme gerçekleşmiştir. Su kullanımı 6,67L su/1 kg ürün için 1 L/1 kg ürün için tasarruf sağlanmıştır. Kapasite artışı su, buhar, elektrik, işçilik kazancı sağlanmıştır.

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmaya benzer çalışmalara literatürde sınırlı sayıda rastlamak mümkündür ancak işletmemizde Pad Batch bölümünde ipliği boyalı ürünlerde yıkama ve kurutma adımlarında optimizasyon edilmesi ve proses kısaltılması aşaması ilk defa denenmiştir. Dolayısıyla çalışmanın çıktısı, işletmemiz için yeni bir süreç niteliği taşımaktadır. Bu proje ile boyahane işletmemizin ipliği boyalı ürünlerde boyama- yıkama ve kurutma adım süreçleri iyileştirilmiş, Ar-Ge merkezimizin “kurumun öğrenme yeteneğinin artırılması”, “kurum içi Ar-Ge kültürünün yayılımının sağlanması” ve “üretim verimliliğinin artırılması” stratejilerine katkı sağlamıştır.

Pad Batch bölümünde ipliği boyalı ürünlerde 1 kg ürün için 20-25 kg su le yıkama yapılmıyorken, yeni sistemde bu tamamen değiştirilmiş ve 1kg ürüne 1 kg su yeterli olmuştur. Böylece suyun tekrarlı yıkamalarda ısıtılma sorunda ortadan kalmış, 15 kw /saat de 20 C den 50 C ye çıkıp inmesi kaldırılmış, tek seferde yıkama yapılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır. Kg başına verilen yumuşatıcı yardımcı maddesi kullanımı ile de kimyaal kullanımından tasarruf sağlanmıştır. Yıkama adımının teke düşürülmesi ile zamandan da tasarruf edilmesi mesai ihtiyacını kaldırmış, kapasite artışı olarak bize geri dönüş sağlamıştır. Bu sayede artan sipariş talebinin mesai yapılmadan karşılanması sağlanmıştır. Yıkamada kullanılan reçete ve proses uygulama talimatı revize edilmiştir. Boyahane işletmesindeki Pad Batch boyama makinelerinde yapılan bu yıkama işlemlerinde zaman, su, kimyasal ve enerji tüketimi azaltılarak firmanın çevresel etkisi ve karbon ayak izini azaltılmış ve bu sayede sürdürülebilirliğinin devamlılığı sağlanmıştır

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu ve benzeri proses optimizasyonu boyahanenin diğer bölümlerine de örnek olmuş, uygulama işlemi başlatılmıştır. Bu proje yeni Ar-Ge proses optimizasyonu projelerinin başlatma potansiyeli yaratmıştır.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi tarafından, 21S03 özkaynak proje numarası ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, 119C070 nolu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı Projesi kapsamında sürdürülebilir ürünler geliştirilmesine destek vermektedir.

KAYNAKLAR

1. Kalaycı E., Türker G., Çağlar E., (2019). Kırklareli İlinin Hayvansal Atık Potansiyelinin Biyogaz Üretimi Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Güncel Yapının Yorumlanması, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8 (4), 1489-1497.
2. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2018), Erişim Adresi: <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim Tarihi: 10.01.2022).
3. Şen, H. M. (2007). Türkiye'nin Genel Enerji Durumu, Türkiye'de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüşü, 27-35, Nisan 2007, İstanbul.
4. Aksay C. S., Ketenoglu O., Kurt L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Fakültesi Dergisi*, 25, 29-41.
5. Karadağ A. A., (2008). Türkiye'deki Su Kaynakları Yönetimine İlişkin Sorunlar ve Çözüm Önerileri, TMMOB Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, 2, 389-400.
6. Gezer A., Erdem A. (2018). Su Stresi, Su Kıtlığı ve Su Tasarrufu Hakkında Halkın Farkındalığının Belirlenmesi: Akdeniz Üniversitesi Örnek Çalışması, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2018; 4(2): 113-122. doi: 10.21324/dacd.408379
7. Kalaycı E., Çağlar E., (2021). Tekstilde Boyama Atık Suyundan Isı Geri Kazanımı: Gerçek İşletme Örneği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 2,
8. Selbaş, R. (1992). Atık Isı Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
9. Tokgöz N., Özgün Ö., (2019). Atık Isı Geri Kazanım Sistemlerine Yönelik Literatür Araştırması ve Sanayiden Örnek Vaka İncelemesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(2), s. 57-72
10. Gifford, R (2014). Environmental Psychology, Principles and Practice, 5th ed. Optimal Books, Canada.

11. Dursun İ., Belit M. (2017). Bir Sosyal Pazarlama Hedefi Olarak Enerji Tasarrufu ve Ölçümü, Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Yıl: Temmuz 2017 Cilt-Sayı: 10 (3) s. 130-153. doi: 10.25287/ohuibf.301050
12. Öztürk, E. (2012). Tekstil Sektöründe Enerji Tasarrufu Olanaklarının Araştırılması ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2005). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi.
14. Enerjinin Etkin Kullanımı ve Enerji Tasarrufu ile İlgili Teknolojiler-Alt Grup Raporu. (2017). Erişim Adresi: <http://www.inovasyon.org/pdf/eeek.bolum5.3.pdf> (Erişim Tarihi: 11.01.2022).
15. Uyanık, S., Çelikel, D. C., (2019). Türk Tekstil Endüstrisi Genel Durumu, Teknik Bilimleri Dergisi, Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Cilt 9, Sayı 1, 32-41.
16. Hendrickx, I. ve Boardman, G.D., (1995). Pollution Prevention Studies In The Textile Wet Processing Industry, Department of Environmental Quality, Office of Pollution Prevention, Virginia, USA.
17. Can, Y. (2014). Tekstil Sektöründe Su Kullanımı ve Atık Su Yönetimi, ISEM 2014 Sempozyum Kitabı, 24-26 Ocak, Adıyaman, s. 820-826
18. Alper, F. (2015). Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi : Tekstil Sektörü Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul
19. Kalaycı E., (2021). Tekstilde Boyama Atık Suyundan Isı Geri Kazanımı: Gerçek İşletme Örneği. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Kırklareli

ORCID numaraları:

ELİBÜYÜK, Sultan ARAS (0000-0002-1866-6332)
ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa (0000-0001-7976-6049)
GELGEÇ, Esra (0000-0001-7999-5757)
YILDIRIM, F. Filiz (0000-0003-3490-8538)
KOPTUR TASAN, Perinur (0000-0001-9052-1763)
DEMİR, Özlem (0000-0003-1505-2164)

İplik Kalite Kontrol Verilerinin Weka Yazılımında Analizi İle Dokuma Üretim Kararının Alınması

ÖZMEN SELÇUK, Aslı¹, ÖZER, Merve Nur¹

¹Ozanteks Tekstil San. Ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi

aslizozmen@ozanteks.com.tr

ÖZET

Dokusuz yüzeyler haricinde tekstilin tüm alanlarında iplik hammaddesi kullanılmaktadır. Kullanılan ipliklerin kaliteli olması, diğer bir ifade ile iplikte belirli kalite standartlarının sağlanması kumaşın istenilen özellikte olmasını yani kaliteli olmasını sağlar. İplik üzerinde bulunan hatalar dokuma, örme, boyama, terbiye ve konfeksiyon birimlerinde ortaya çıktığı takdirde, bu hataların bu aşamalarda giderilmesi neredeyse olanaksızdır. Günümüz piyasa koşullarında rekabet üstünlüğü sağlamak, kayıpları minimize ederek maliyetleri düşürebilmek, hızlı teslimat yapabilmek ve karlılığı artırmak firmaların ana amaçlarıdır. Bunu sağlayabilmek adına hammadde özellikleri iyi tayin edildiğinde, nihai üründen beklenen kalite seviyesine ulaşabilmek için üretim süreçlerinde gerekli olabilecek düzenlenmelerin yapılması sağlanmaktadır. İplik kalitesinde yaşanabilecek olası bir değişkenlik, çözgü-haşıl-dokuma adımlarında kumaş kalitesinde farklı etkiler görülmesine sebep olmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirildiği işletmeye gelen ipliklerden rastgele bobin alınarak belirli kalite kontrol parametrelerine bakılmakta ve üretim yöneticisi ile kabul kararı verilmektedir. Bu durum iplik tedarikçilerine doğru ve hızlı geri bildirim yapılamamasına ve hammadde maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca; dokuma sonrası diğer süreçlerde kamçı etkisi ile oluşan üretim fireleri ve hataları nedeniyle de gereksiz kaynak kullanımı üretim maliyetlerini artırmaktadır. Çalışma kapsamında iplik giriş kalite kontrol verileri makine öğrenmesi yazılımı olan WEKA’da J48 Karar Ağacı Algoritması ile analiz edilmiş ve giriş kalite kontrol sorumlusunun üretim yöneticisine sormadan, analitik yöntemlere dayalı olarak kabul kararını vermesi sağlanmıştır. Algoritma işletmenin 1637 adet iplik test parametre verilerini %99,328 oranla doğru gruptandırmış ve karar ağacı 50 veri ile test edildiğinde ise algoritmanın verdiği kararların üretim yöneticisinin kararı ile uyumlu olduğu görülmüştür.

AMAÇLAR

Tekstil işletmelerinin ulusal ve uluslararası pazarda rekabet üstünlüğü sağlayabilmeleri her geçen gün artan ve değişen müşteri taleplerinin hızlı ve etkin şekilde karşılanmasına bağlıdır. Hızlı olma ve etkinlik konusunda işletmelerin günümüzde teknolojik gelişmeleri takip etmeleri ve uygulamaları artık

zorunlu hale gelmiştir. Teknolojik gelişmeleri işletmelerin üretim sistemlerine dahil etmelerinde amaçlanan hedefler sipariş takibi, üretim izlenebilirliği, ortak bir veri tabanının oluşması, hızlı, güncel ve sağlıklı iletişim kanallarının kurulması, bilginin güvenilirliği ve paylaşılmasıdır.

Tekstil işletmelerinin iplik üretiminden sonraki ikinci üretim aşaması olan dokuma ve üretim süreçlerinde kullanılan makinelerin gelişimi ile beraber iplikten beklenen kalite seviyesi de artmıştır. İplik üretiminde gerçekleştirilen yeniliklerin yanında kullanıcıların iplik kalitesini takip etmeleri ve buna göre tedarikçileri yönlendirmeleri günümüzdeki tedarik zinciri yaklaşımının bir beklentisidir. Bu beklentiye karşılamak için dokuma ve örme işletmeleri farklı teknolojik faaliyetlerle iplik ve kumaş kalitesini takip ederek müşteri beklentisi olan kaliteyi sağlamaya ve verimliliklerini artırmaya çalışmaktadır.

Çalışmada bir tekstil işletmesinin ana hammaddesi olan ipliğin giriş kalite kontrol işlemlerinin etkinliğinin yazılım teknolojileri aracılığı ile nasıl artırıldığı ve bunun sonucunda elde edilen faydalar anlatılmıştır. Çalışmada kullanılan teknolojiler ve bulgular sayesinde firmanın karar verme fonksiyonuna destek sağlanmıştır.

GİRİŞ

Teknoloji, son yıllarda modern dünyanın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Teknolojinin hızlı gelişmesiyle veri toplanması ve verilerin depolanması daha kolay bir hal almıştır. Teknoloji ve bilgisayar sistemlerinin kullanımının bu derece hızlı artmasıyla Dünya’da daha fazla veri depolanmaya başlamıştır. IDC (International Data Corporation), Seagate Technology’ verilerine göre Dünya’da verilerin yılda % 61’lik orana sahip büyüme hızıyla artabileceğini ve 33 ZetaByte’ tan 2025 yılına kadar 175 ZetaByte’ a çıkacağını öngörmüştür. Günümüzde, 5 milyar dolar fazla kullanıcı her gün verilerle etkileşim halindedir, 2025 yılına kadar bu rakam 6 milyara veya dünya nüfusunun % 75’ine ulaşacağı ve ağırlıklı olarak her insanın 18 saniyede bir en az bir adet etkileşime sahip olacağı öngörülmektedir.

Günümüzde kurumlar, düşük maliyetler ile bilişim ve veri depolama sistemlerine sahip olabilmektedirler. Bu sayede bilgiye kolay erişebilmekte ve internet ağları üzerinden kolay bir şekilde yayabilmektedirler. Büyük

miktarda veriyle çalışan çoğu sektör, makine öğrenimi teknolojisini ve veri madenciliğinin değerini kabul etmiştir. Sahip olunan verilerden anlamlı ve değerli ilişkileri ortaya çıkarabilmek ve bazen de gerçek zamanlı olarak tahminler yaparak, sektörde daha verimli çalışabilir veya rakiplerine göre avantajlar elde edilebilmektedir. Ayrıca kurumların sahip olduğu büyük veri ve farklı veri çeşitleri, daha ucuz ve daha güçlü olan hesaplamalı işleme sahip veri depolama isteği de makine öğrenimini popüler kılmıştır⁴. Buharlı makinelerin icadı ile başlayan sanayileşme birinci ve ikinci dünya savaşlarında askeri amaçlarla yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları sonucunda farklı boyutlar kazanmıştır. Bu dönemde ilk bilgisayar yapılmış, iletişim için önemli telekomünikasyon yatırımları yapılmıştır. 1950-1960 yıllarındaki kütle üretiminden sonra 80'li yıllarda kalite çalışmalarının artması ile istatistiksel proses kontrolü, süreç analizi ve iyileştirme çalışmaları da bu dönemde önem kazanmaya başlamıştır. 2000'li yıllarda ise teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile kalite ve yönetim anlayışlarının değişmesi ile bilişim-yönetim sistemleri de gelişmiştir.

1969 yılında programlanır lojik kontrolörlerin (Programmable Logic Controller: PLC) ortaya çıkması ile üretim sistemlerinde veri iletişimi sağlanmış ve otomasyon sistemlerinin gelişimi hızlanmıştır. Endüstriyel otomasyon sistemlerinde üretim birimleri arasında veri iletişimi sağlanarak gelişmiş düzeyde karar alma ve planlama fonksiyonları gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler üretim sistemlerinde de değişime neden olmuştur. Klasik üretim sistemlerinden sonra bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) yöntemleri ortaya çıkmış ve üretime esneklik/dinamizm eklenmiştir. Bu yöntemlerle farklı bilgisayar birimleri ve iletişim ağları arasında bilgi akışı sağlanarak üretim sistemlerindeki gizli verilerin analizleri mümkün hale gelmiştir. Bu gelişmelerin sonucunda Kurumsal Kaynak Planlamasının (ERP: Enterprise Resource Planning) da gelişimi sistemlerin bilişim faaliyetlerinden çok daha verimli anlamda faydalanmalarını sağlamıştır. ERP, üretimde darboğazların giderilmesi, kaynakların optimum şekilde planlanması, stokların optimumda tutulması ve müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesi gibi bir çok faydayı yanında getirmiştir⁶.

Makine öğrenmesi, bilgisayarların insanlar gibi öğrenmesini ve hareket etmesini algoritmalar ve veriler yardımıyla sağlayan yapay zekanın bir alt dalıdır⁷. Amerikan bilgisayar bilimcisi Arthur Samuel tarafından 1959'da "Makine Öğrenmesi" terimi yaygınlaştırılmıştır. Makine Öğrenmesi, bilgisayarlara açıkça programlanmadan öğrenme olanağı sağlayan algoritmaların incelenmesi, tasarlanması ve geliştirilmesi ile ilgilidir⁸. Makine Öğrenmesinin

temelinde makineleri kendi kendine karar verebilir hale getirme fikri yatmaktadır. "Bilgi kuvvettir" prensibine dayanarak, bir sistem ne kadar çok bilgiye sahipse, o kadar çok şey öğrenebilir ve ne kadar çok şey öğrenirse o kadar çok doğru kararlar verebilir. Başka bir tanıma göre makine öğrenmesi; mantıksal işlemler gerçekleştirebilen makinelerin, gözlem ve ölçüm yöntemleriyle elde edilen verileri tecrübe olarak kabul etmesi ve bu tecrübelerden matematiksel algoritmalar aracılığıyla anlamlı ilişkiler üretmesi sürecidir⁹.

Makine öğrenmesinde üç çeşit öğrenme yöntemi vardır: denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve yarı denetimli öğrenme.

Denetimli öğrenmede; sisteme öğrenmesi için giriş değerleri ile birlikte çıkış değerleri de verilir. Giriş verilerinin değerleri işlenerek çıkış değerleri tahmin edilmeye veya öğrenilmeye çalışılır. Bu süreçte öncelikle sonuçları bilinen veriler üzerinde bir sınıflama yapılır ve sonuçları bilinmeyen veri kümesi için tahmin edilmeye çalışılır¹⁰. Denetimli öğrenme, ses tanıma, e-posta spam filtreleme, fotoğraflarda yüz tanıma ve kredi kartı sahtekârlıklarını tespit etme gibi işlemlerin arkasındaki ana kavramdır⁷. Regresyon, karar ağaçları, sınıflandırma denetimli öğrenme algoritmalarıdır.

Denetimsiz öğrenmede; sisteme dışarıdan bir müdahale söz konusu değildir. Algoritmanın kendi kendine keşifler yapması, gözükmeyen örüntüleri keşfetmesi beklenir. Girdi verileri sisteme (öğrenme algoritmasına) verilir ancak herhangi bir işaretleme yapılmaz yani talimat verecek bir insan operatörü yoktur. Öğrenme algoritması verileri tanımlamak için inceler keşifler yapar, veriler arasındaki ilişki ağını ortaya koymaya çalışır¹⁰. Sistem daha fazla veriyi değerlendirdikçe, bu verilerle ilgili karar verebilme becerisi giderek artmakta ve daha fazla doğruya yaklaşmaktadır. Kümeleme, boyut azaltma bazı denetimsiz öğrenme algoritmalarıdır.

Elde az sayıda işaretlenmiş veri olmasına karşın çok daha fazla sayıda işaretlenmemiş veri varsa denetimli öğrenme de denetimsiz öğrenme de yetersiz kalabilir. Bu durumda yarı denetimli öğrenme yöntemi daha kullanışlıdır. Yarı denetimli öğrenme, az sayıdaki işaretlenmiş veriden çok sayıdaki işaretlenmemiş veriyi tahmin etmek ve sınıflandırmaktır. Yarı denetimli öğrenme sisteme denemeyi ve hatayı öğretir. Geçmiş deneyimlerden öğrenir ve mümkün olan en iyi sonucu elde etmek için duruma cevap olarak yaklaşımını adapte etmeye çalışır¹¹.

Makine öğrenmesinin iş akışı 5 adımda toparlanabilir. Veri ve problem tanımı: Bu aşamada çözmeye çalışılan problemin tanımı, önemi, bu problemin çözülmesi için kullanılacak verilerin tanımı gibi bilgiler verilmelidir.

Veri toplama: Bu aşamada ele alınan problemin çözümü için hangi tür verilerin elde edilmesi gerektiği belirlenir ve bu veriler toplanmaya çalışılır.

Veri ön işleme: Problem çözümünde kullanılacak olan veriler temiz olmalıdır. Kayıp veriler varsa belli algoritmalar kullanılarak onların yeri doldurulmalı, gürültülü veriler denetlenmeli, aykırı değerler kaldırılmalıdır. Daha sonra normalizasyon, değer depolarına uyum ve boyut sayısını azaltmak işlemleri gerçekleştirilmelidir.

Veri analizi ve denetimli öğrenme veya denetimsiz öğrenme ile modelleme yapma: Bu aşamada problemin çözümü için, bir model belirlenir. Bu model ile denetimli öğrenme yöntemi mi yoksa denetimsiz öğrenme yöntemi mi gerekli belirlenmelidir. Makine öğrenmesi algoritmalarının geniş bir yelpazesi vardır. Rastgele orman, karar ağaçları, destek vektör makineleri, lojistik regresyon, K-en yakın komşuluk (K-Nearest Neighbor-KNN) bu algoritmalarından sadece birkaç tanesidir.

Değerlendirme: Son aşama model değerlendirmedir. Bu adımın amacı modeli doğru değerlendirmek ve yeni veriler üzerinde doğru çalışacağından emin olmaktır. Değerlendirme yöntemleri arasında, çapraz doğrulama, eğitim ve test için ayrılmış veri seti, tek çıkışlı çapraz doğrulama gibi yöntemler mevcuttur⁷.

Genel olarak her büyüklükteki işletmede makine öğrenimi tekniklerinin kullanımı; işletmenin maliyetlerinin düşürülmesi, müşteri içgörülerini ve istihbaratının oluşturulması ve müşteri deneyimini iyileştirmesine yöneliktir¹². Makine öğrenimi, yapay zekâ ve veri bilimi teknolojileri; sağlık, işletme, endüstri, güvenlik gibi birçok çalışma alanı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve amacı; hesaplamalı ve istatistiksel yöntemler kullanarak çeşitli veri türlerinden otomatik olarak bilgi çıkarmaktır. Örneğin günlük yaşamda herhangi bir web sitesinin bilgisayarınıza gelen çevrimiçi öneri teklifleri, müşteri ilişkileri yönetimi, dolandırıcılık tespiti, uber gibi ulaşım şirketleri tahmini varış süresini hesaplamak için veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri kullanılmaktadır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışmanın yapıldığı işletmede çözü, haşıl, dokuma, düz ve yuvarlak örme, kumaş boyama, pad batch, overflow ve polyamid boyama, havlu, bornoz, nevresim, dikişsiz konfeksiyon departmanları bulunmaktadır. Şirket 300 adet havlu ve kumaş dokuma tezgahı, 100 adet iç giyim ve örgü makinası, 21 HT, 7 Polyamid, 5 Koni Boyama, 1 Open-End Boyama, kapitone kumaş ve yorgan makinası ve 700 adet dikiş makinası ile üretim yapmaktadır. Firmanın kullandığı hammadde olan ipliğin belirli kalite standardını sağlaması üretilen kumaşa da istenilen

özelliklerin kazandırılmasını sağlamaktadır. Çalışmada firmanın tedarik ettiği tüm ipliklerin performans test sonuçları kullanılmıştır. Çalışma kapsamında son 3 aylık veri incelenmiştir.

Yöntem

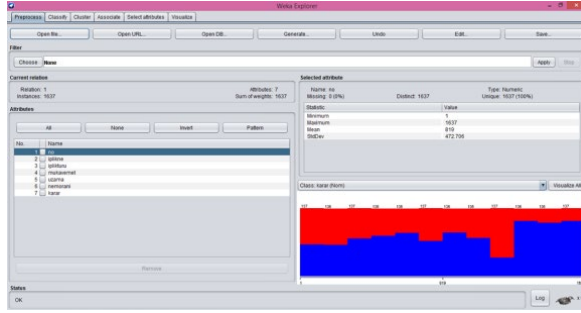
Weka, makine öğrenimi amacıyla Waikato Üniversitesinde geliştirilmiş ve "Waikato Environment for Knowledge Analysis" kelimelerinin baş harflerinden oluşmuş yazılımın ismidir. Günümüzde yaygın kullanımı olan çoğu makine öğrenimi algoritmalarını ve metotlarını içermektedir. Java dilinde geliştirilmiş olması ve kütüphanelerinin .jar dosyaları halinde geliyor olması sayesinde, Java dilinde yazılan projelere kolayca entegre edilebilmesi kullanımını daha da yaygınlaştırmıştır⁸.

WEKA' da veri ön işleme, sınıflandırma, gruplandırma, özellik seçimi veya çıkarımı gibi makine öğrenmesi ve istatistik ile ilgili birçok kütüphane hazır olarak gelmektedir. Bunun yanı sıra içerisinde görselleştirme araçlarını barındırmaktadır. WEKA birçok farklı dosya tipini (names, metin tabanlı arff., csv., dat., bsi. gibi) desteklemektedir. Bu program kullanıcılarına farklı uygulama (Explorer, Experimenter, Knowledge Flow ve Simple CLI) seçenekleri sunmaktadır¹³.

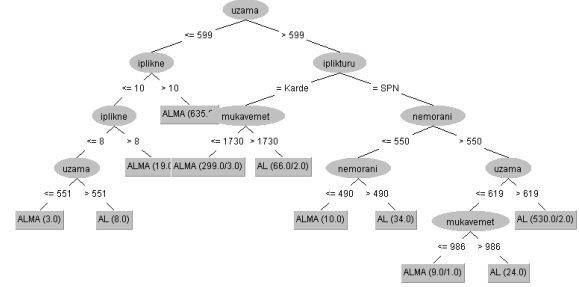
Karar ağaçları (KA), sınıfları bilinen veri setinden tümevarım yöntemiyle öğrenilen ağaç şekilli bir karar yapısına sahip veri madenciliği yaklaşımıdır. KA, bağımlı değişkendeki bilgi kazancına göre veri setini sıralı bir şekilde bölmektedir. Her başarılı bölme işlemi, sonuç gruplarının üyelerinin bir diğeriyle çok daha benzer hale getirmektedir. Tahmin edici ve tanımlayıcı niteliklere sahip olan KA, yorumlanmasının kolay, maliyetinin az, veri tabanı sistemleri ile kolayca uyum sağlaması nedeniyle yaygın bir kullanıma sahiptir. Son zamanlarda çok sayıda farklı karar ağacı öğrenme teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan en popüler olanları ID3, C4.5 ve C5 algoritmalarıdır. Bu çalışmada WEKA yazılımı kullanılarak karar ağacı algoritmalarından J48 uygulanmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Çalışmada firmanın 1637 iplik giriş kalite kontrol verisi WEKA programına Şekil 1'de bulunan şekilde yüklenmiştir ve J48 algoritmasına göre analiz edildiğinde Şekil 4'de bulunan istatistiksel sonuç elde edilmiştir. Analiz incelendiğinde 1637 adet veri %99,328 oranla doğru gruplandırılmıştır. Kararı ALMA olup da algoritma tarafından AL olarak gruplandırılan veri sayısı 7, kararı AL olup da algoritma tarafından ALMA olarak gruplandırılan veri sayısı 4'tür. 11 adet veri yanlış gruplandırılmıştır.



Şekil 1. WEKA Explorer Ekranı



Şekil 3. J48 Algoritması Karar Ağacı

```

--- Run information ---

Scheme:      weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2
Relation:    1
Instances:   1637
Attributes:  7
            no
            iplikne
            iplikture
            mukavemet
            uzama
            nemorani
            karar

Test mode:   10-fold cross-validation

--- Classifier model (full training set) ---

J48 pruned tree

uzama <= 599
| iplikne <= 10
| | iplikne <= 8
| | | uzama <= 551: ALMA (3.0)
| | | uzama > 551: AL (8.0)
| | iplikne > 8: ALMA (19.0)
| iplikne > 10: ALMA (635.0)
uzama > 599
| iplikture = Karde
| | mukavemet <= 1730: ALMA (299.0/3.0)
| | mukavemet > 1730: AL (66.0/2.0)
| iplikture = SPN
| | nemorani <= 550
| | | nemorani <= 490: ALMA (10.0)
| | | nemorani > 490: AL (34.0)
| | nemorani > 550
| | | uzama <= 619
| | | | mukavemet <= 986: ALMA (9.0/1.0)
| | | | mukavemet > 986: AL (24.0)
| | | uzama > 619: AL (530.0/2.0)

Number of Leaves :    11
Size of the tree :    21

Time taken to build model: 0.02 seconds

--- Stratified cross-validation ---
--- Summary ---

Correctly Classified Instances      1626          99.326 %
Kappa statistic                    0.9861
Mean absolute error                 0.0118
Root mean squared error             0.0027
Relative absolute error             2.4544 %
Root relative squared error         16.8569 %
Total Number of Instances          1637

--- Detailed Accuracy By Class ---

TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      BOC Area  ROC Area  Class
0.993    0.006    0.996    0.993    0.994    0.994    0.993    0.993    ALMA
0.994    0.007    0.999    0.994    0.992    0.994    0.993    0.992    AL

Weighted Avg.  0.993    0.007    0.999    0.993    0.999    0.994    0.993    0.990

--- Confusion Matrix ---

* b <- classified as
993 7 | a = ALMA
4 658 | b = AL

```

Şekil 2. J48 Algoritması İstatistiksel Analizi

Algoritmanın sunduğu karar ağacı (Şekil 5) incelendiğinde ise firmanın iplikleri üretime alma kararını verirken dikkat etmesi gereken en önemli kriterin Uzama değeri olduğu görülmektedir. Uzama değeri 599'dan büyük ise sonraki kriter İplik Türü'dür. İplik Türü SPN ise Nem Oranına bakılmalı ve Nem Oranı 550'den küçük ve eşit ise yine Nem oranına bakılmalı ve 490'dan büyük olanlar üretime alınmalıdır. Nem Oranı 550'den büyük ise Uzaması 619'dan büyük olanlar üretime alınır, Uzama değerinin 599'dan küçük olduğu durumda ise Algoritmanın başarısını test etmek için Tablo 1'de bulunan örnek verilerde de görüldüğü gibi 50 veri ile test gerçekleştirildiğinde ise Şekil 5'de bulunan karar ağacına göre iplik giriş kalite kontrol sorumlusu ipliklerin test verilerini incelediğinde 50 veri için de doğru karar vermiştir. Bu sayede iplik giriş kalite kontrol sorumlusunun üretimin fikrini almadan daha karar alması sağlanarak iplik giriş kalite kontrol etkinliği artırılmıştır. Ayrıca sorumlunun tedarikçilere daha hızlı dönüşü ile sorunlu iplik lotlarının üretiminde iyileşmeler sağlanmış ve yeni sevkiyatlarda sorunsuz iplik kabulü oranı da artmıştır.

Tablo 1. Test Verileri

İplikne	İplikture	Üretim Yöneticisi nin Kararı	Karar Ağacına Göre Karar
12	SPN	ALMA	ALMA
12	Karde	ALMA	ALMA
12	Karde	ALMA	ALMA
12	Karde	ALMA	ALMA
12	Karde	ALMA	ALMA
10	SPN	ALMA	ALMA
10	SPN	AL	AL
10	Karde	ALMA	ALMA
10	SPN	AL	AL
10	SPN	AL	AL
10	SPN	ALMA	ALMA
8	SPN	AL	AL
8	SPN	AL	AL
6	SPN	AL	AL

Günümüzde firmalar için hızla artan rekabet ile pazarda güçlü kalarak ve sürekliliği sağlamak oldukça zor olmaya başlamıştır. Tekstil işletmeleri farklı yöntemler ile rakiplerine üstünlük sağlayıp, yeni müşteriler kazanarak sürekli gelişim ilkesini benimsemeleri gerekmektedir. Tekstil sektörü, Türkiye'nin önde gelen istihdam ve ihracat alanında rekabet oranı yüksek olan sektörlerden biridir. Yeni teknolojiler firmaların rekabet üstünlüğünü sağlamasında önemli roller üstlenmektedir. Makine öğrenimi ve veri madenciliği yaklaşımları yeni teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu sektörde başarıyı yakalayabilmek için önemli noktalardan biri de gelecek ile ilgili öngörülerde bulunabilmektir. Firmaların gelecek ile ilgili doğru ve güvenilir bilgiler elde edebilmesi, bulundukları pazarda büyük avantaj sağlayacaktır. Tekstil firmalarında söz konusu teknolojileri kullanarak; verilerin doğru şekilde analiz edilmesi, verilerden anlamlı yapıların ortaya konması ve geleceğe yönelik planlamalar ve stratejik kararlar alınabilir. Günümüz işletmelerinin çoğu yazılımları sadece verileri toplamak ve bulgular ve raporlar sağlamak için kullanmaktadır. Ancak 21. yüzyılın yeni teknolojilerin ve daha akıllı ürünlerin ortaya çıkmasıyla oluşan büyük bir verilerin okunması ve anlamlandırılmasına yönelik; veri madenciliği, makine öğrenimi ve yapay zekâ uygulamalarının kullanılması işletmelere yüksek fayda sağlayacaktır. Gelecekte bu disiplinleri işletmenin temel yetenekleri haline getirmek, personeli eğitimlerle desteklemek, iş akışlarını buna göre entegre etmek ve en sonunda tüketicilere kişiselleştirilmiş hizmet sağlamak, işletmenin kârını artırmanın ve değer yaratmanın anahtarı olacaktır.

ÖZMEN SELÇUK, Aslı (0000-0002-8227-3808)

ÖZER, Merve Nur (0000-0002-5257-4431)

GENEL SONUÇLAR

Bilgisayarların ortaya çıkışı ile veri madenciliği disiplini yoğun bir manuel kodlama süreci olarak başlamış, günlük olarak üretilen veri miktarının artması ve bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile bugün veri madenciliği ve makine öğrenimi araçları kullanılmaya başlamıştır. 2021 yılı en iyi veri madenciliği araçlarının; MonkeyLearn, RapidMiner, Oracle Data mining, IBM SPSS Modeler, Weka, Knime, H2O ve Orange yazılım programları olduğu görülürken (MonkeyLearn, 2021), 2021 yılı uzman görüşlerine göre en popüler makine öğrenimi araçlarının ise; Keras, Knime, Weka, Shogun ve Rapid Miner yazılım programları olduğu görülmüştür. 2021 yılına ait istatistiklere en çok popüler veri madenciliği teknikleri incelendiğinde bunların öncelik sırasının; Apriori algoritması, Beklenti maksimizasyonu (ExpectationMaximization veya

EM), Sayfa sıralaması algoritması (PageRank Algorithm), C4.5 Algoritması, Naive Bayes Algoritması, CART (Classification and Regression Trees), K-Means Algoritması, SVM (Support Vector Machines), Adaboost Algorithm (Adaptive Boosting'in kısaltması olan AdaBoost) ve KNN Algoritması olduğu görülmüştür (Analytics insight, 2021). En popüler makine öğrenimi algoritmaları incelendiğinde ise bunların öncelik sırasının; Doğrusal regresyon, Lojistik regresyon, KNN Algoritması, Naive Bayes, Support Vector Machines, Random Forest, Adaboost, Gradient boost, XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları olduğu görülmüştür (KDnuggets, 2021). Veri madenciliği ve makine öğrenimi algoritmalarının iş uygulamalarında sınıflayıcı temelli algoritmaların daha yaygın bir şekilde uygulandıkları görülmüştür.

Bu veriler ışığında uygulamanın yapıldığı işletmede ilk kez yapay zeka uygulamalarının kullanılması ve güncel olan WEKA yazılımında J48 algoritması ile analizin gerçekleştirilmesi makine öğrenmesi deneyimimizin artırılmasını sağlamıştır.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

İplik giriş kalite kontrol verilerinin WEKA'nın sunduğu diğer algoritmalar ile analizi yapılarak çalışmanın sonucu ile karşılaştırılması ve elde edilen sonuçların verimlilik analizleri devam etmektedir. Ayrıca şirketin diğer faaliyetleri için de makine öğrenmesi yaklaşım ve analizlerinin kullanılması düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

WEKA yazılımını öğreten ve J48 Algoritması Karar Ağacı'nın yorumlanmasında destek olan sayın hocam Prof. Dr. Sezai Tokat'a çok teşekkür ederim. Çalışmada fon kullanılmamıştır veriler Ozanteks Tekstil San. Ve Tic. A.Ş.'den tedarik edilmiştir.

KAYNAKLAR

- 1 Kılıç, M. (2006). Yazılım tabanlı üretim otomasyonu ve bir tekstil firmasındaki uygulaması (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- 2 Cesur, K. (2011). Tekstilde tedarik zinciri yönetimi ve tedarikçi performans değerlendirmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- 3 Seagate Technology. SEAGATE. Seagate. <https://www.seagate.com/tr/tr/our-story/data-age-2025/> Son erişim tarihi: 08 Şubat 2022
- 4 Ersöz, F., Çınar, Y. 2021. "Veri Madenciliği ve Makine Öğrenimi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması: Tekstil Sektöründe bir Uygulama", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (29), 397-414.
- 5 Kurtulan, S. (2001). PLC ile endüstriyel otomasyon. Birsan Yayınevi.

- 6 Şahin, U. (2007). Tekstil Sektöründe ERP Sistemi Seçimine Uzman Sistem Yaklaşımı (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- 7 Kara, Ş. E., & ŞAMLI, R. 2021. “Yazılım Projelerinin Maliyet Tahmini için WEKA’da Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırmalı Analizi”. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (23), 415-426.
- 8 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Weka>
Son erişim tarihi: 08 Şubat 2022
- 9 Torkul, O., Gülseçen, S., Uyaroglu, Y., Çağır, G., & Uçar, M. K. (2017). Mühendislikte yapay zeka ve uygulamaları.
- 10 Aydın, S., Özkul, A. E. 2015. “Veri madenciliği ve Anadolu Üniversitesi açık öğretim sisteminde bir uygulama”. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi Journal of Research in Education and Teaching, 4(3), 36-44.
- 11 Kızılkaya, Y. M., & Oğuzlar, A. (2018). Bazı Denetimli Öğrenme Algoritmalarının R Programlama Dili İle Kıyaslanması. Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi, 37(37), 90-98.
- 12 Pinar, Z. (2020). Makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak denim kumaşlarda kusur tespiti (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- 13 Uzun R., İşler, Y., Toksan, M. 2019. “WEKA Yazılım Paketinin Siğil Tedavi Yöntemlerinin Başarısının Tahmininde Kullanımı”. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1), 699-708.

Development of Halogen Free Flame retardant compound formulations that fulfil the international flame retardant test standards

TORSUN, Mahir¹, BOZKURT, Murat²,

¹Kadifeteks Mensucat san. A.Ş., ²Kadifeteks Mensucat San A.Ş.
mtorsun@kadifeteks.com

ABSTRACT

Flame retardancy is an important technical feature for textile materials today. Considering the fires around the world, it is known that textile-based materials have a significant effect on the initiation and rapid progression of fires, especially in living spaces.

Therefore, the fact that textile materials (upholstery fabric, curtains, carpets, etc.) widely used in living spaces are power keys is a functional feature depending on standards. There are different methods for applying this feature to textile materials. One of them is the back coating method, which is widely used in upholstery fabrics.

Commonly used chemicals are halogenated chemicals. Sensitivity is developing to reduce the consumption of halogenated chemicals all over the world due to the damage they cause to nature and living health, and halogenated materials from the textile sector are tried to be eliminated for sustainable targets.

In this study, halogen free flame retardant chemicals, synergistic flame retardant chemicals, fillers, auxiliary chemicals and binders were used in compound production. Compound production is achieved by physically mixing the chemicals used in a certain order and proportions. Fabric back coating work was carried out with the obtained chemical. Then, the necessary physical tests of these fabrics were made and the physical test performances of the produced compound were evaluated according to their equivalents.

When this project is completed, Kadifeteks will have the ability to produce halogen-free flame retardant chemicals, which have an important place in production costs.

PURPOSES

The aim of this study is to increase our sales potential and profitability by reducing the chemical costs per m² and gaining a competitive advantage in the market by producing chemicals with our own means, equivalent to the halogen free flame retardant chemicals purchased from chemical companies.

Halogen-free compound production and physical mixing of the chemicals used in a certain order and proportions have been considered in order to achieve the sustainability goals and contribute to the reduction of the damage to the nature. Then, the necessary

physical tests of these fabrics will be made and the physical test performances of the produced compound will be evaluated according to their equivalents.

INTRODUCTION

Combustion

It is an interaction that needs heat, oxygen and suitable fuel components. Combustion continues until oxygen, fuel source or heat is consumed. Combustion produces light and heat.

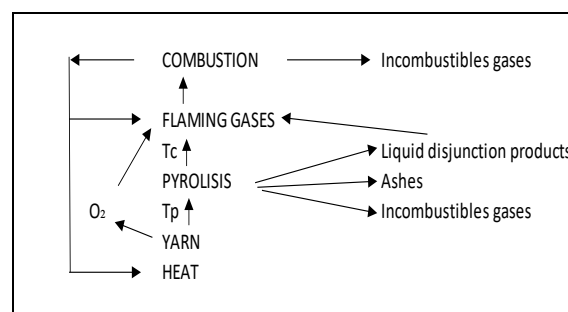


Figure 1. combustion of textile yarns[1]

When heat is supplied, the temperature of the fiber begins to increase until it reaches the pyrolysis temperature (Tp). At the pyrolysis temperature, chemical changes occur in the fiber and non-combustible gases (such as carbon dioxide, water vapor, nitrogen and sulfur oxides), carbonization residues, liquid condensates and combustible gases (carbon monoxide, hydrogen and many oxidisable organic molecules) are formed. As the temperature continues to rise, the liquid decomposition products also pyrolysis, producing more non-combustible gas, ash, and burning gas. When the combustion temperature (Tc) is reached, the phenomenon we call combustion, which consists of a series of free radical reactions in the gas phase and occurs when the burning gases combine with oxygen, takes place. These reactions are highly exothermic and produce enormous amounts of light and heat. The heat provided by the combustion process provides the additional thermal energy required to continue the pyrolysis of the fiber and hence the release of more combustion gases for the combustion process[1].

Combustion behavior is also affected by factors such as the nature of the ignition source and the time it hits the fabric, fabric orientation, ignition point (edge, face, bottom or top of the fabric), ambient temperature, relative humidity, air flow rate, and fabric structure, as well as fiber type and fiber blends. . In addition, in studies on the effect of yarn structure and geometry on combustion behavior, it is stated that different yarn twisting methods cause different burning resistance in yarns[2]

Mechanisms of Flame retardancy

Many ways have been tried to break the burning cycle of textiles. One of these ways is to use materials that can thermally decompose as a result of strong endothermic reactions inside the fiber. If sufficient heat can be absorbed as a result of these reactions, the pyrolysis temperature of the fiber will not be reached and combustion will not occur. Examples of this method are aluminum hydroxide, aluminum trihydrate and calcium carbonate.

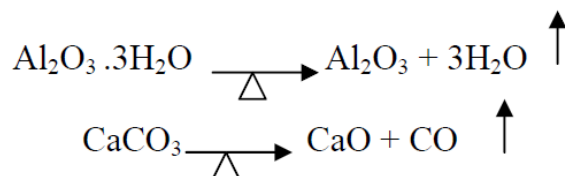


Figure 2. Endothermic degradation reactions[1]

Another approach is to use an insulating layer surrounding the fiber at temperatures below the fiber pyrolysis temperature. Boric acid and its hydrated salts are examples of this approach. When these compounds are heated, they give off water vapor. In this way, they make the fiber surface glassy and reduce the contact of the fiber with air, giving it a flame-retardant effect.

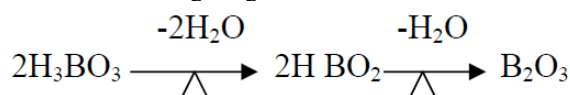


Figure 3. Glassy surface

The third way to achieve flame retardancy is to change the pyrolysis mechanism to produce less burning volatile matter and more ash. This dense structure mechanism is seen in flame retardants containing phosphorus. As a result of cross-linking of phosphoric acid formed during thermal decomposition with polymers containing hydroxyl groups, less flammable products are released. The fourth way used to prevent combustion is to create free radical reactions that provide the necessary heat for the continuation of the process. Halogen-containing compounds, which are

given as an example, capture the OH radicals formed during pyrolysis, ensure their rapid oxidation and reduce the heat required for combustion[1]

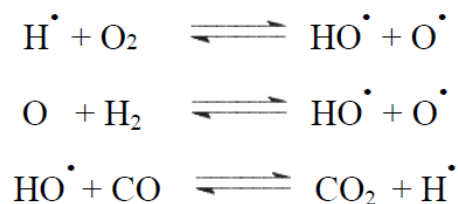


Figure 4. Free radical combustion reaction[1]

Flame retardant chemicals

The most important flame retardants can be classified into three categories. These are basic flame retardants based on phosphorus and halogens, synergistic substances that have a small amount of flame-retardant effect when used alone, increase their effectiveness when used with basic flame-retardant substances (such as the use of phosphorus with nitrogen, halogens and antimony), and flame retardant substances that reveal their activity through physical effects (borate). , aluminum trihydrate, calcium like carbonate)[1][3][4].

Flame retardant with halogens

Many halogen-containing compounds have been developed and used as flame retardants in the past. Halogen compounds contain the element I, Br, Cl or F and their effectiveness depends on the freedom of the halogen used. As a result of various studies, the efficiency of these elements was determined as I>Br>Cl>F, respectively. The very low thermal stability of iodine-containing compounds and their decomposition most of the time during polymer processing have made them rarely used in real applications. On the other hand, the very late degradation of fluorine derivatives has led to more use of bromine and chlorinated formulations in this field. Since it has a weaker bond with carbon, Br has a more effective extinguishing effect in the first stages of combustion than Cl.

The thermal stability of halogen-based compounds can be ordered as brominated aromatic > chlorinated aliphatic > brominated aliphatic [5].

However, synergistic formulations of antimony, zinc, tin, iron oxide, chlorinated paraffins and/or nitrogen and phosphorus based swelling systems with bromine have been developed to reduce the additive and halogen content used. Especially, antimony trioxide is frequently used because it continues to function in gas and liquid phases (Pawelec, 2014). To increase the flame retardant effectiveness, brominated compounds are used rather than phosphorus-containing agents [6].

Hazardous effects of flame retardant chemicals

However, in recent years, due to the negative effects of halogen-containing flame-retardant materials on health and the environment (polymers containing some brominated flame-retardant additives, it has been determined that toxic dioxins and furans are formed during accidental fires or the recovery of waste polymer, studies have been intensified on the use of phosphorus compounds instead of these materials. 7].

The toxic effect of flame retardant compounds and combustible gases should be taken into account, especially if flame retardant finishes are carried out using halogens and heavy metals.

should be taken. Toxic problems caused by these compounds; The fact that halogenated compounds, especially aromatic ones, can form polyhalogenated dioxins and furans, the presence of dusts containing antimony oxide, the presence of antimony, zirconium and phosphorus in the waste water, the mixing of halogenated organic flame retardants, especially aromatic ones, into the waste water (they usually decompose slowly and this is why Therefore, they cause high AOX (adsorbable organic halogen) values), formaldehyde is released during condensation in the application of permanent flame retardancy of cellulose, and the presence of free formaldehyde in the finished fabric[8].

Flame Retardants Containing Phosphorus

Flame retardant compounds containing phosphorus are examined in three main groups as phosphinate, phosphonate and phosphate esters. Triaryl phosphates, red phosphorus, tris(chloropropyl)phosphate, ammonium polyphosphate and phosphinic acid derivatives are phosphorus compounds that are frequently used to increase the fire resistance of polymers.

Volatile phosphorus compounds are among the most effective fire inhibitors, as phosphorus-based radicals are approximately five times more effective than bromide-containing radicals and ten times more effective than chloride-containing radicals. In addition, phosphorus in the gas phase can be more effective than halogens due to the prevention of alkane combustion in the flame [9].

Apart from APP, which is among the intumescent flame retardants, various phosphorus compounds that can be used to impart flame retardant properties to polypropylene are given in Table 1.

Table 1. Flame retardants with phosphorus[10]

Halojen fosfatlar
Fosfin oksitler ve amonyum polifosfatlar
Fosfit
Fosfonitrilik esterleri
Fosfonopropionik asit aminler
Alkil-aril fosfonatlar
Halkalı fosfonat esterleri
Fosfonatizosiyonurat
Fosforik asit
Orto-, meta- veya pirofosforik asit gibi inorganik fosforik asitler
Amonyum fosfat ve tetrakishydroxymethyl fosfonyum hidroksit
Fosfonat ester
Organik fosfinat

Flame retardants containing phosphorus act in various ways to extinguish the flame. For example, to terminate the combustion, some parts of the flame retardant form active hydrogen and hydroxyl radicals in the vapor phase, while other parts contain phosphoric acid in the presence of flame. Most phosphorus-based flame retardants form phosphoric acid as a result of thermal decomposition. These acids change the decomposition mechanism when the polymer is exposed to heat, promoting char formation and further degradation of the polymer is prevented. Phosphoric acid condenses to form pyrophosphate structures and give water. The released water dilutes the oxidized gas phase. In addition, phosphoric acid and pyrophosphoric catalyze the dehydration reaction of terminal alcohols, which causes the formation of acid carbon-carbon double bonds, resulting in the formation of cross-linked carbonized structures at very high temperatures.

While phosphorus-containing flame retardants generally increase their effectiveness in the presence of nitrogen, it has been observed that red phosphorus is more effective in inorganic elements and in the absence of nitrogen and halogen compounds.

Some of the interesting features of red phosphorus are that it provides excellent flame retardancy at relatively low concentrations in many polymers, is stable during processing, and has a negligible effect on mechanical and electrical properties. Although red phosphorus is a traditional and highly efficient halogen-free flame retardant, its disadvantages are that it reacts with moisture to form phosphine with a high toxic content, has low thermal stability, is not compatible with synthetic resins, and is red in color [11].

EXPERIMENTALS

Material

Woven fabrics made of PAN, PES and PP fibers were used for the test. Halogen-free and halogenated materials are used for performance measurement in production.

Method

Combustion values were measured with BS 5852 flame retardancy test.

RESULTS

Table 2. BS 5852 test results

		Halogen Free		With halogen	
PATTERNS	Chenille materials	Grammage	Results	Grammage	Results
SAMPLE 1	PAN/PES	210	PASS	190	PASS
SAMPLE 2	PES/PP	180	PASS	170	PASS

When the combustion performances of fabrics produced with halogen-free material and fabrics produced with halogen-free material are compared, it has been determined that there is no situation that will prevent them from passing the test.

However, despite the fact that cleaning performance and combustion performance are two technologies that are incompatible and affect each other negatively, as a result of our research, we were able to harmonize them together and continuous production started.

From this point of view, it is thought that getting away from chemicals that damage the environment and obtaining successful results will encourage the consumption of Halogen-free materials.

KAYNAKLAR

1. Schindler, W.D., Hauser, P. J. (2004). Flame-retardant finishes, Chemical Finishing of Textiles, 98-116.
2. Horrocks, A.R., Price, D. (2001). Textiles, Fire Retardant Materials, 128-181.
3. Chivas, C., Guillaume, E., Sainrat, A., Barbosa, V. (2009). Assessment of risks and benefits in the use of flame retardants in upholstered furniture in continental Europe, Fire Safety Journal, 44(5), 801–807.
4. Brancatelli G., Colleoni C., Massafra M. R., Rosace G. (2011). Effect of hybrid phosphorusdoped silica thin films produced by sol-gel method on the thermal behaviour of cotton fabrics, Polymer Degradation and Stability, 96(4), 483-490.
5. Pawelec, W. (2014) New families of highly efficient, halogen-free flame retardants for polypropylene (PP). Doktora Tezi, Åbo Akademi University, Turku.

6. Lewin, M. (1999) Synergistic and catalytic effects in flame retardancy of polymeric materials-an overview.

Journal of Fire Sciences, 17(1), 3-19. doi: 10.1177/073490419901700101

7. Santillo, D., and Johnston, J. (2003) Playing with fire: the global threat presented by brominated flame retardants justifies urgent substitution. Environment International, 29(6), 725-734. doi: 10.1016/S0160-4120(03)00115-6

8. Horrocks, A.R., Price, D. (2001). Textiles, Fire Retardant Materials, 128-181.

9. Babushok, V. and Tsang, W. (2000) Inhibitor Rankings for Alkane Combustion, Combustion and Flame, 123, 488-506. doi:10.1016/S0010-2180(00)00168-1

10. Zhang, S. and Horrocks, A. R. (2003) A review of flame retardant polypropylene fibres. Progress in Polymer Science, 28(11), 1517-1538. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2003.09.001

11. Wang, B., Sheng, H., Shi, Y., Hu, W., Hong, N., Zeng, W., Ge, H., Yu, X., Song, L. and Hu, Y. (2015) Recent advances for microencapsulation of flame retardant. Polymer Degradation and Stability, 113, 96-109. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2015.01.008

Polivinil Alkol ve Chitosan Karışımından İplik Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi

ADAMCI, Ulviye¹, ALAY, M. Kıvanç², SOYLU Mustafa³, KOLUMAN, Ahmet⁴
¹Ar-Ge Birimi, Veritas Tekstil Konfeksiyon Paz. San ve Tic. A.Ş., ²Pamukkale Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
ulviye.pala@veritastekstil.com

ÖZET

Polivinilalkol (PVA) tekstil sanayisinde sık kullanılan bir polimerdir. Kitosan benzer şekilde doğada yaygın olarak bulunan aynı zamanda endüstriyel uygulamaları sıklıkla bilimsel araştırmalara konu olan bir doğal polimerdir. Kitosan antimikrobiyal, biyouyumluluğu yüksek bir biyopolimerdir. Kitosanın aynı zamanda yara iyileşmesi üzerine etkileri olduğu da gösterilmiştir. Bu kapsamda, çalışmamızda PVA ile kitosan karıştırılmıştır. Bu amaçla %15'lik çözelti hazırlanmıştır. Çözelti içerisinde 500 gr DMSO (Dimetil Sülfoksit), 75 gram PVA granül, 0,75 gram Chitosan (Sigma, 448877-50G, Medium molecular weight) 70 C°- 80 C° de mikser yardımı ile 5 – 6 saat içerisinde çözölmüştür. Karışım 100 H Nozzle başlığı kullanılarak, Peristaltik pompa 2 RPM Pompa Hızı ile Aseton/Metanol banyosunda koagüle edilerek filament elde edilir. Çözeltiler pompa yardımı ile düzelerden Metanol/Aseton koagülasyon banyosundan geçirilmiştir. Son aşamada ise 4 adet Godet yardımı ile iplik çekimleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen ipliğe ISO 2062:2009(EN) standartına göre kopma mukavemeti ve uzama testi uygulanmıştır. Sonuçlar kapsamında chitosan ve PVA içeren ipliklerin sektörel kullanıma uygun olabileceği kanaati oluşmuş ve bununla ilgili ileri testler devam etmektedir.

AMAÇLAR

Pratik uygulamalar için elyafların ve kumaşların antibakteriyel apresine büyük ilgi gözlenmiştir. Halihazırda hastanelerde ve otellerde kullanılan çoğu tekstil malzemesi çapraz enfeksiyona veya mikroorganizmaların neden olduğu hastalıkların bulaşmasına elverişlidir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın temel amacı, antimikrobiyal özellikler, fonksiyonel ajanların lifler veya kumaşlar üzerine kimyasal veya fiziksel olarak dahil edilmesiyle tekstil malzemelerine kazandırılmasıdır.

GİRİŞ

Son yıllarda tekstil endüstrisi yenilikçi ürünler geliştirme arayışı içindedir. Mükemmel performansa sahip ürünler oluşturmak için üstün işlevsel özelliklere sahip malzemeleri ve ticari tekstilleri organik olarak birleştirmek önemli bir yaklaşımdır. Özellikle biyolojik

fonksiyonel malzemelerden yapılan tekstiller ile insan sağlığına fayda sağlama hedefi tüm araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bir biyopolimer malzeme olarak kitosan, güçlü kullanılabilirlik, düşük maliyet, mükemmel güvenlik, üstün performans vb. avantajlara, özellikle antibakteriyel özellik ve tekstil alanında geniş uygulama alanlarında rol alma potansiyeline sahiptir. Bu amaçla, özellikle kitosan lifinin hazırlanması, kitosan nanolif sentezi, kitosan lifinin antibakteriyel etkinliği ele alındığında her yöntemle göre farklı bir sonuç elde edildiği gözlemlenmektedir. Ayrıca, tekstillerde kullanılan kitosan bazlı malzemelerin uygulama zorlukları göz önüne alındığında, elde edilen etkinin önemi geri planda kalabilmektedir. (Li ve ark., 2021)

DENEYSEL

Malzeme

Kimyasal lif üretimi proseslerinden biri olan çözeltiden yaş çekim yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında yaş çekim cihazı kullanılmıştır. Bu işlemde polimer madde olan Polivinilalkol (PVA) granüllü, Dimetilsülfoksit (DMSO) çözücüsü ve kitosan kullanılarak uygun viskozitede bir çözelti elde edilmiştir. Bu çözelti hazırlanmasında mikser karıştırıcısı kullanılarak kitosan, çözelti içinde işlem görmüştür. Lif oluşumunun gerçekleştiği koagülasyon banyosu için Aseton/metanol kullanılmıştır. Çekim sonrasında elde edilen ipliklere antibakteriyel test işlemleri uygulanarak antibakteriyel etkileri gözlemlenmiştir.

Bu antibakteriyel çalışma kapsamında kullanılan malzemeler aşağıda detaylı olarak sıralanmıştır.

Steril forseps, Agar (Tryptic Soya Agar, TSA, Oxoid, England), Petri plakaları ve Test mikroorganizmaları:

1-*Escherichiacoli* ATCC 25922

2-*Salmonella Typhimurium* ATCC 14028

3-*Shigella flexneri* ATCC 14028

4-*Bacillus subtilis* ATCC 19659

5-*Bacillus cereus* ATCC 14579

6-*Geobacillus stearothermophilus* ATCC 7953

7-*Staphylococcus aureus* ATCC 6538

8-*Listeria monocytogenes* ATCC 15313

9-*Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228

10-*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 4126

11-*Aspergillus niger* ATCC 20611
12-*Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404

Yöntem

PVA ve Kitosan iplik eldesi

PVA granülü DMSO içerisinde %15 lik çözeltisi hazırlanır ve bu çözelti içerisinde % 0,5 - %1 arasında kitosan ilave edilerek viskoz çözelti hazırlanır. Akışkan bu çözelti pompa yardımı ile düzelerle aktararak düze başlığından koagülasyon banyosuna püskürtülür. Aseton/metanol içeren koagülasyon banyosunda jel hale gelmeye başlayan lifler godet yardımı ile banyodan çıkarılarak kurutma kanallarına aktarılır. Farklı konsantrasyonlarda ve hidroliz derecelerindeki PVA granülleri, %10 ile %30 arasında 70°C / 80 °C de PVA/Dimetil Sülfoksit çözeltilerine % 0,5 / %1 arasında kitosan ilave edilerek mikser karıştırıcı yardımı ile hazırlandı. Çözeltiler pompa yardımı ile düzelerden Metanol/Aseton koagülasyon banyosundan geçirildi. 4 adet Godet yardımı ile elyaf çekimleri gerçekleştirildi. Hazırlanan %15'lik PVA-Kitosan çözeltisi 70 °C sıcaklıkta pompaya aktarılır, 2 rpm-10rpm pompa hızı ile düzeden çıkarak metanol/aseton karışımı koagülasyon banyosundan geçirilir. Aşağıda hızları verilen godetlerden çekilir, kurutma prosesi tamamlanır ve bobine sarılır.

Çalışmada kullanılan godet hızları aşağıda bildirilmiştir:

1. Godet 180 RPM – 2. Godet 250 RPM
...Sıcaklık...150 C de (Kanal Sıcaklığı)
2. Godet 350 RPM – 4. Godet 450 RPM
....Sıcaklık...200 C de (Kanal Sıcaklığı)

İplik mukavemeti, Büzülme, Suda çözünme:

ISO 2062:2009(EN) standartına göre İpliklere kopma mukavemeti ve uzama testi uygulanmıştır.

Tensile Testing / İplik Mukavemeti

Numune uzunluğu: 20 mm

Çekme hızı: 20 mm/dk

Shrinkage Behavior / Büzülme Özelliklerinin Analizi

Test koşulları: 20±1 °C, %93±5 nem

Test süresi: 7 gün

L₀...ilk uzunluk (20 cm) , L₁...Son uzunluk

$$Shrinkage (S) = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100$$

Solubility in Water / Suda Çözünme Sıcaklığı Analizi

Su sıcaklığı alt limiti: 10 °C

Sıcaklık artışı: 1 °C/dk

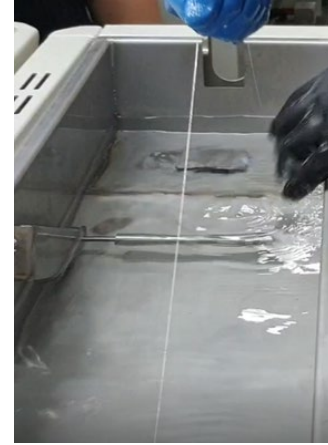
Antimikrobiyal aktivite

ISO 20645:2004 yöntemine göre test numuneleri (ø,25±5 mm), aşılınmış TSA üzerine yerleştirilmiştir.

Hazırlanmış iplik örnekleri agar (Tryptic Soya Agar, TSA, Oxoid, England) tabakası üzerine yerleştirildi. Yerleştirilen iplik örneklerinin üzerine ayrı test bakterileri (1x10⁸ kob/ml) içerecek şekilde hazırlanmış agar dökülmüştür. Petri plakaları 18-24 saat 37°C'de inkübe edildi. Antibakteriyel aktivitesi, agar ve test numunesi arasındaki temas bölgesinde bakteri üremesinin cetvelle ölçülmesi ve zonların oluşumu değerlendirildi.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Çekim banyosundan lif eldesi sağlanabildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Düze başlığından lif alımı

Çalışmada elde edilen ipliklere yapılan testlere ait sonuçlara bakıldığında doğrusal yoğunluk:73 Dtex, kopma mukavemeti (cN/Dtex) :2,23, kopma uzaması (%) : 20,58, suda ki çözünürlük: 40 C °, büzülme(S) : % 17 sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmanın antimikrobiyal duyarlılık testi aşamasına ait veriler tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Antimikrobiyal duyarlılık testi.

Microorganism	Name of the microorganism	Disc diffusion zones	
		PVA	PVA+CHI
Gram negat	<i>E.coli</i> ATCC 25922	0	2
	<i>Salmonella Typhimurium</i> ATCC 14028	0	1
	<i>Shigella flexneri</i> ATCC 14028	0	1
Gram posit	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 19659	0	1
	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579	0	1
	<i>Geobacillus stearothermophilus</i> ATCC 7953	0	1
Gram posit	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	0	1
	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	0	1
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 12228	0	1
Yeast and M	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 4126	0	1
	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 20611	0	1
	<i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC 16404	0	2

ISO standardı kapsamında altında üreme olan örneklerin antimikrobiyal aktivitesi yok kabul

edilmektedir. Sonuçlara bakıldığında, sadece PVA içeren örneklerde antimikrobiyal etki olmadığı gözlemlenmiş, kitosan içeren örneklerin ise seçkin bir antimikrobiyal etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Kitosanın antimikrobiyal etkisi birçok çalışmada yer almaktadır (Choi ve ark., 2001, Helander ve ark., 2001 Hong Kyoon ve ark., 2002). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara bakıldığında benzer şekilde antimikrobiyal etki olduğu gözlemlenmiştir. Benzer başka bir çalışmada Yardımcı ve ark. (2021) kitosanı jel formunda diyabetik yaralar için elektriksel stimülasyon ile uygulamış ve iyileşmenin % 40 daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma içerisinde kullanılan kitosanın başka moleküler ağırlıkları, başka konsantrasyonları ile çalışmalar devam etmekte olup, aynı zamanda patent süreçlerine başvuru hazırlıkları da devam etmektedir.

- ADAMCI, Ulviye (0000-0001-6311-5284)

GENEL SONUÇLAR

Liflerin koagülasyon banyosundan başarılı bir şekilde iplik çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Antibakteriyel test işlemi sonucunda oluşan zone ölçümleri kıyaslandığında, pva iplikte antibakteriyel aktivite görülmemiştir fakat pva ve chitosan karışımı iplikte antibakteriyel aktivite gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak chitosan eklenen ipliğin antibakteriyel özelliği olduğunu ve lifler veya kumaşlar üzerine kimyasal veya fiziksel olarak dahil edilmesiyle tekstil malzemelerine kazandırılabilmesi mümkün olduğu sonucuna verilmiştir.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Doğal antimikrobiyal polimerlerin kullanım alanları yaygınlaşmaktadır. Kitosanın kullanım alanları arasında tekstil ürünlerinin yer aldığı ve tekstil sektörünün eğilim gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu kapsamda, elde edilen ipliklerin medikal tekstillerde geniş kullanım alanı bulacağı düşünülmüştür.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Veritas AR-GE bünyesinde öz kaynaklarla yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

Choi B.-K., K.-Y. Kim, Y.-J. Yoo, S.-J. Oh, J.-H. Choi, C.-Y. Kim International Journal of Antimicrobial Agents, 18 (2001), p. 553
El-Shafei A., A. Abou-Okeil, ZnO/carboxymethyl chitosan bionano-composite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric, Carbohydrate Polymers, Volume 83, Issue 2, 2011, Pages 920-925, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.083>.
El-Shafei A., M.G. Fouda, D. Knittel, E. Schollmeyer, 2008, Antibacterial activity of cationically modified

cotton fabric with carboxymethyl chitosan, Journal of Applied Polymer Science, 110, p. 1289)

Hasan J, Crawford RJ, Ivanova EP (2013) Antibacterial surfaces: the quest for a new generation of Biomaterials. Trends Biotechnol 31:31–40. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2013.01.017>

Helander I.M., E.L. Nurmiaho-Lassila, R. Ahvenainen, J. Rhoades, S. Roller International Journal of Food Microbiology, 71 (2001), p. 235

Hong Kyoon N., Y.P. Na, H.L. Shin, et al. International Journal of Food Microbiology, 74 (2002), p. 65

ISO 2062:2009 Tekstil-Paketlerden alınan iplikler-Tek ipliğin kopma mukavemetinin ve kopma uzamasının tayini.

ISO 20645:2004 specifies a method for the determination of the effect of antibacterial treatments applied to woven, knitted and other flat textiles.

Jianhui Li, Xiao Tian, Tao Hua, Jimin Fu, Mingkin Koo, Wingming Chan, and Tszyin Poon, Chitosan Natural Polymer Material for Improving Antibacterial Properties of Textiles ACS Applied Bio Materials 2021 4 (5), 4014-4038 DOI: 10.1021/acsabm.1c00078)

Muñoz-Bonilla A, Fernández-García M (2012) Polymeric materials with antimicrobial activity. Prog Polym Sci 37:281–339. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005>

Yardımcı, R., Njjar, M. S., Koluman, A. "Smart Bandage System: A Combination of Chitosan, Nanoparticles and Electric Stimulation". Research Journal of Biomedical and Biotechnology 2 (2021): 29-37.

HT Boyama Bölümünde Kasar İşleminin Optimizasyonu

DEMİR, Özlem, ARAS ELİBÜYÜK, Sultan, YILDIRIM, F. Filiz, ÇÖREKÇİOĞLU, Mustafa, KOPTUR TASAN, Perinur, GELGEÇ, Esra

¹Ozanteks Tekstil San ve Tic. A.Ş.

ozlem.demir@ozanteks.com.tr

ÖZET

Su ihtiyaç duyulan en önemli doğal kaynaklardır. En çok su tüketilen sektörlerin başında gelen Tekstil boyahane işletmelerinde bir kilogram tekstil ürünü üretebilmek için yaklaşık olarak 95-400 litre suya ihtiyaç vardır. Bu da fazlaca su tüketimi anlamına gelmektedir. Bu sebeple işletmeler kullanılan su miktarını azaltma çalışmaları yapmaktadırlar⁷.

Tekstil boyamalarında HT boyama, en uzun süren ve en çok su harcanan proseslerden biridir. Ayrıca boyamadan önce kumaşı boyamaya hazır hale getirmek için ön terbiye işlemleri yapılmaktadır. Bunlardan kasar işlemi, pamuk ve benzeri selülozik liflerden oluşan kumaşlardaki organik yabancı maddeleri uzaklaştırmak ve kumaşın genelindeki hidrofilite (su emicilik) farkını en aza indirmek için yapılır ve bu süreçte de çok miktarda su tüketilir.

Çalışma ile orta ve koyu renkli kumaşların boyanması sürecinde tüketilen zaman, kimyasal, enerji ve su değerleri incelenerek en ideal kullanımına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

AMAÇLAR

Bu çalışmada boyama adımı kadar olan kısımda en çok su, enerji ve zaman tüketen kasar işleminin kaldırılması için yapılan çalışma anlatılmıştır. Böylece kasarsız olarak üretilecek yeni süreç sürdürülebilirliğe katkı sağlayacak ve ihracat potansiyelini artıracaktır.

GİRİŞ

Türkiye, sanılının tersine su zengini bir ülke değildir. Hâlen, kişi başına düşen 1.519 m³'lük su miktarı ile “su sıkıntısı çeken” bir ülke kabul edilmektedir. Bu rakamın Sanayide kullanılan 5 milyar m³'ü sanayi de kullanılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Bu durumda, kişi başına düşen su miktarının 1.120 m³/yıl olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle Türkiye, “su fakiri” olma yolunda ilerlemektedir⁷.

Suyun en fazla kullanıldığı sektörlerin başında tekstil sektörü gelmektedir. Nüfusun artması, küresel ısınma, su kaynaklarının hızla tükenmesi nedeniyle su kullanımı konusunda kısıtlamalar artmakta, yasalar çıkarılmakta, daha çevreci ve sürdürülebilir üretim prosesleri geliştirilmektedir. Kaynakların kullanımının azaltılması için boyahane işletmelerinde su kullanımının optimize edilmesi ile ilgili çalışmaların

sayısı her geçen gün artmaktadır. Yüksek su tüketiminin yanı sıra, Tekstil boyahanelerinde kimyasal madde (yardımcı kimyasal, boya, vb.) tüketimi de dikkat çekmektedir. Ön terbiye, boyama ve diğer proseslerden kaynaklanan yüksek kimyasal yük, tekstil fabrikalarında kullanılan proseslere göre değişkenlik göstermektedir. Boyahaneler, ayrıca enerjinin de oldukça fazla harcandığı işletmelerdir. Bu bağlamda boyahane bölümünde de üretim yaparken enerji, su, kimyasal vb. gibi kaynakları da tasarruflu kullanmayı hedefler. Firmamızda uygulanan tüm üretim işlemleri kaynakları en yüksek verimde ve performansta kullanmayı hedeflediği gibi çevre ile dost, ekonomiye katkı sağlayan çalışmalarla desteklemeyi amaçlar.

Boyamadan önce kumaşı boyamaya hazır hale getirmek için yapılan ön terbiye işlemleri, tekstil terbiyesinde anahtar rolü oynar. Yıkama, ağartma, merserizasyon, kasar gibi ön terbiye işlemleri hatasız ve düzgün boyama ve aprenin yapılabilmesi için oldukça önemlidir. Yapılan bir değerlendirmeye göre, tekstil terbiyesi sonucu mamullerde görülen hataların yalnızca %23'ü gerçek boya, %11'i apre hatası olup geri kalanı (yaklaşık %66'sı) dolaylı ve dolaysız ön terbiye hatasıdır⁴.

Kasar işlemi pamuğun doğasında var olan yağ, çöpel ve doğal boyaların uzaklaştırılması ve boyamadan önce bütün özellikleri her yerinde aynı olan bir zemin elde edilmesi açısından oldukça önemlidir. Açık renklerin boyanması için iyi bir kasar yapılması gereklidir. Açık ve parlak renkler dışında kalan boyamalar için ağartmanın çok iyi olması gerekli değildir. Pamuk ve benzeri selülozik liflerden oluşan kumaşlardaki organik yabancı maddeleri uzaklaştırmak ve kumaşın genelindeki hidrofilite (su emicilik) farkını en aza indirmek için yapılan işlemdir. Ancak hidrofilitesinin (su severliği ya da su emiciliği) iyi olması, üzerinde kasar artıklarının (hidrojen peroksit v.b) kalmamasının sağlanması ve hafif asidik bir banyoyla boyamaya girmek önemlidir. Açık ve parlak renkler dışında kalan boyamalar için ağartmanın çok iyi olması gerekli değildir.

Firmamız boyahanesi HT bölümünde orta ve koyu renge boyanan ürünlerde müşteri talebinin artış göstermesi ile bölüm üretim kapasitesinin üstüne çıkmıştır. HT boyama bölümünde aylık işlem süresi limiti 7.500 saattir. Orta ve koyu renklerdeki proses sürelerinin uzun olması ve bu ürünlerdeki sipariş miktarlarının artması ile işlem süresi 8.400 saat/ay'a

çıkan işlem süresi ile mesai yapılmadan talep karşılanamamaktadır. Ayrıca en çok suyun harcandığı bölüm olarak da yer almaktadır.

Bu projede orta ve koyu renkli kumaşların boyanmasında kasar adımı kaldırılması için çalışma yapılmıştır. Kumaşın hidrofilikliğı için hidrofilite sağlayacak yeni kimyasallar denenmiştir. Yeni kimyasallar ile ilgili süre ve akış denemeleri yapılarak müşteri kalite beklentilerine uygun optimum proses belirlenmiştir.

DENEYSEL

Malzeme

16/1 OE %100 pamuk havlu kumaş kullanılmıştır. 50 kg lık 2 top havlu kumaşa HT boyama yapılmıştır. Hidrofilite için belirlenen yeni kimyasal madde uygulanmıştır.

Yöntem

Orta ve koyu renkler boyamalarda kasar adımı kaldırılarak, yeni bir kimyasal madde uygulanmış ve tek banyoda HT boyama yapılmıştır. Çıkan sonuçlar standart şartlarda yapılan boyama sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Elde edilen kumaşa evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı(ISO 105-C06), sürtünmeye karşı renk haslığı(TS EN ISO 105-E04), hidrofilite(AATCC79 ve EN ISO 14697), mukavemet testleri - yırtılma mukavemeti(TS EN ISO 13937-2), kopma mukavemeti(TS EN ISO 13934-1(Strip) - yapılmıştır.

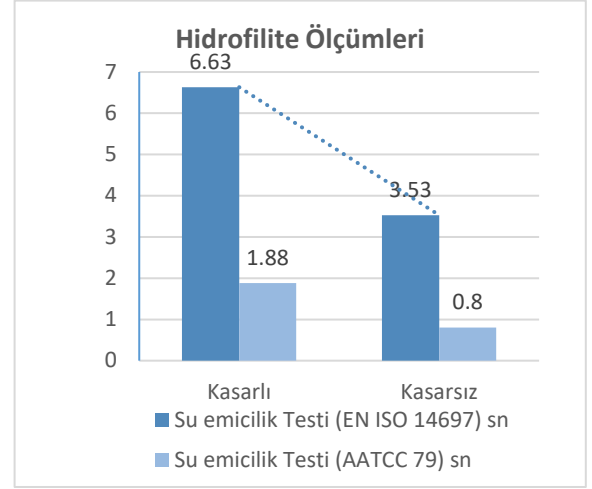
DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Yıkamaya karşı renk haslığı(ISO 105-C06) ve sürtünmeye karşı renk haslığı(TS EN ISO 105-E04) testlerinin sonuçları Tablo 1.'de gösterilmiştir. Kasar işlemi uygulanmış ve kasar yapılmamış ürünlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 1. Kasarlı ve Kasarsız haslık test sonuçları

		Yıkama Haslığı Testi (ISO 105-C06)						
		Yün	Akrilik	Polyester	Naylon	Pamuk	Asetat	
Kasarlı / Kasarsız ürünler	1	Kasarlı	5	5	5	5	5	5
	2	Kasarsız	5	5	5	5	4-5	5
		Sürtme karşı renk haslığı tayini (TS EN ISO 105-X12)						
		Yaş Sürtme Haslığı			Kuru Sürtme Haslığı			
Kasarlı / Kasarsız ürünler	1	Kasarlı		4			4-5	
	2	Kasarsız		4			5	

Tablo 1'de de görüldüğü üzere kasarlı ve kasarsız ürünler benzer sonuçlar göstermiş olup kasarsız ürünlerin sürtme haslıkları daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 1. Su Emicilik-Hidrofilite Testi (EN ISO 14697-(AATCC 79)) sn

Şekil 1.'deki hidrofilite testi sonuçlarına bakıldığında kasar adımı kaldırılarak uygulanan yeni sistemde su emicilikte iyileşme olduğu görülmektedir.

Kasarlı ve kasarsız numunelerin yırtılma ve kopma mukavemeti sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kasarlı ve Kasarsız kopma ve yırtılma mukavemet sonuçları

Numune	Kopma Mukavemeti (N)		Yırtılma Mukavemeti (N)	
	atkı	çözgü	atkı	çözgü
Kasarlı	245.57	268.27	25.06	28.39
Kasarsız	341.4	340.18	33.37	35.84

Kasar işleminin sebep olduğu mukavemet kaybı iyileştirilmiş, kasar adımının kaldırılmasıyla mukavemet değerlerinde artış sağlamıştır.

GENEL SONUÇLAR

Sonuçlardan da görüleceği gibi kasar işlemi uygulanarak boyanan numuneler ile kasar adımı kaldırılarak boyanan numunelerin haslık, mukavemet ve su emicilik test sonuçlarında benzer değerlere ulaşılmıştır. Hatta kasar adımı kaldırılarak işleme alınan ürünlerin sürtmeye karşı renk haslığı, hidrofilite ve yırtılma test sonuçlarında kasarlı boyanan numunelere göre iyileşme olduğu görülmektedir. Bu da orta ve koyu renklerde kasar adımının kaldırılmasının kalite açısından herhangi bir olumsuz bir durum oluşturmayacağını ve hatta su, enerji ve kimyasal tasarrufu sağlayacağını açıkça göstermektedir.

Orta ve koyu renklerin 500 kg parti için kasar işlem süresi 105 dakika azaltılarak, aylık HT boyama süresi %11,5 oranında azaltılmıştır. Bu sayede artan sipariş talebinin mesai yapılmadan karşılanması sağlanmıştır. Kasarda kullanılan reçete ve proses uygulama talimatı revize edilmiştir. Boyahane işletmesindeki HT boyama makinelerinde yapılan bu boyama işlemleri ile zaman, su, kimyasal ve enerji tüketimi azaltılarak firmanın çevreye atık etkisi ve karbon ayak izini azaltılmış ve bu sayede sürdürülebilirliğinin devamlılığı sağlanmıştır. Bu projeye benzer çalışmalara literatürde sınırlı sayıda rastlamak mümkündür ancak işletmemizde HT bölümünde orta ve koyu renkli ürünlerde kasar adımının kaldırılması ve boyama aşaması ilk defa denenmiştir. Dolayısıyla çalışmanın çıktısı, işletmemiz için yeni bir süreç niteliği taşımaktadır.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu ve benzeri proses optimizasyonu boyahanenin diğer bölümlerine de örnek olmuş, uygulama işlemi başlatılmıştır. Bu proje yeni Ar-Ge proses optimizasyonu projelerinin başlatma potansiyeli yaratmıştır.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma, Ozanteks Tekstil Ar-Ge merkezi tarafından, Öz kaynak 21S02 proje numarası ile desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, 119C070 nolu TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı Projesi kapsamında sürdürülebilir ürünler geliştirilmesine destek vermektedir.

KAYNAKLAR

1. Gedik, G., 2020. Pamuk/Lyocell Kumaşların Titanyum (IV) Oksit Varlığında Ultraviyole Işınlarıyla Heterojen Fotokataliz İle Ağartılması ve Ağartma İşlemine Oksijen Radikali Varlığının Etkisinin İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 27: 118, 64-74.
2. Pamuk Ağartma, erişim tarihi:24.06.2021 <http://www.echofil.com/tr/pamuk-agartma.html>
3. Polat, S., 2013. Katyonik Ağartma Aktivatörü Kullanarak Hidrojen Peroksit Ağartmasının Pamuklu Örme Kumaşlar İçin Optimize Edilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekstil Mühendisliği Programı. İstanbul.
4. Yazır, E., 2011. Boyama Kalitesinin İyileştirilmesi Yöntemleri. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli. 62 Syf
5. Tekstil Ürünlerinin Rehberi Tasarım ekitap, erişim tarihi:24.06.2021

https://www.temizuretimmerkezi.org/source/Tekstil%20U%CC%88ru%CC%88nlerinin%20Rehberi%20Tasar%C4%B1m_ekitap.pdf

6. Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler Referans Dokümanı, Erişim tarihi: 24.06.2021. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ippc/editordosya/BR_EF_Tekstil_Sanayii_2002_TR.pdf

7. Türkiye' nin Su Riskleri Raporu, 2014. Erişim tarihi: 24.06.2021. http://awsassets.wwft.panda.org/downloads/turkiye_nin_su_riskleri_raporu_web.pdf

ORCID numaraları:

DEMİR, Özlem (0000-0003-1505-2164)
YILDIRIM, F. Filiz (0000-0003-3490-8538)
ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa (0000-0001-7976-6049)
ELİBÜYÜK, Sultan ARAS (0000-0002-1866-6332)
KOPTUR TASAN, Perinur (0000-0001-9052-1763)
GELGEÇ, Esra (0000-0001-7999-5757)

PA6'ya Alternatif PTT Hammaddesi ile Mother yarn İplik Geliştirilmesi

ÖZTÜRK,Hakan * , BOYACIOĞLU,Rasim ** ,TOR,Ecenur *** , İSMAİLOĞLU,Buket ****

KFS Sentetik ARGE Merkezi, Sakarya

*ORCID:0000-0002-5115-4742; **ORCID:0000-0002-8115-2035; ***ORCID: 0000-0002-4146-4691;

****ORCID:0000-0002-9704-5787

hakan.ozturk@kfssentetik.com

ÖZET

Mother yarn iplik, monofilament iplik üretimine olanak sağlayan ipliğin ismidir. Bu iplik 200-240-300 denye ve 10-12 filaman iplik olarak genelde FDY formatında ve bazen de POY olarak üretilmektedir. Sonrasında filamanları ayırmaya yarayan (split) bir başka üretimden geçerek monofilaman iplikler elde edilmektedir. Bu aşamadan önce monofilament ipliklerin kıvrımlı istenmesi durumunda split öncesi tekstüre işlemi de uygulanabilmektedir. Giyimden döşemeliğe, otomotivden filtreler kadar çok farklı sektörlerde kullanım alanı bulunmaktadır. Bu iplik farklı sentetik türevlerden üretilmekte olup naylon ve polyester bunun en çok kullanılan iki türüdür. Şu anda giyim sektöründe ve ev tekstilinde elastikiyet ve tuşesinden ötürü 200/10 naylon mother yarn çok yoğun kullanılmaktadır. Çalışmalar kapsamında PTT kullanılarak naylon ipliğe alternatif ekstra özellikler de kazandırılan bir iplik geliştirilecektir.

TEŞEKKÜRLER

Yapılan çalışmada KFS Sentetik Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesinde üretilen iplikler kullanılmıştır. Diğer çalışmalar KFS Sentetik Arge Merkezi bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Projeye katkılarından dolayı Arge merkezi bünyesinde bulunan tüm takım arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Elektrospinning Yöntemiyle Üretilmiş PAN ve PVDF Nanolif İpliklerin İncelenmesi

KIZIL, Nuray¹, BORAZAN, İsmail^{1,2}, BOZKURT, Kübra Nur¹, ÜNSAL, Ömer Faruk¹, BEDELOĞLU, Ayşe¹

¹Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa

²Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bartın Üniversitesi, Bartın

ismail.borazan@btu.edu.tr, ayse.bedeloglu@btu.edu.tr

AMAÇLAR

Nanofiber ipliğin başarılı bir şekilde hazırlanması, fonksiyonel tekstiller için oldukça önemlidir. Fakat elektro-eğirme işlemi ile ipliklerin üretilmesi zordur. Buradaki zorluk, püskürtme sıvı haznesinden (tipik olarak bir iğnenin ucundan) gelen lifler bir yüzeye temas edip yapışmadan önce binlerce minik, katılmış lifin bir demet halinde hizalanmasını sağlayarak ve ardından büküm yaparak kontrollü bir şekilde iplik haline getirmektir. Nanofiber ipliğin mekanik özellikleri, gereksinimler açısından hala tatmin edici değildir. Fakat, nanofiber malzeme teknolojisinin hızlı gelişimi ile nanofiber ürünlerin uygulanması tekstil teknolojisinin tanıtımı ve geliştirilmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu durumlar göz önünde bulundurularak PAN ve PVDF polimerleri kullanılarak elektro eğirme yöntemiyle nanolif iplikler üretilecek ve mekanik olarak esneklikleri üzerinde incelemeler yapılacaktır.

GİRİŞ

Tekstil, iplik ve liflerin kullanımı uzun yıllar belirli alanlarla sınırlı kalmış ve geleneksel yöntemlerle üretilmiştir. Ancak son 50 yılda üretim teknolojileri ve uygulamaları dikkate değer bir ilerleme kaydetti. Tekstil ve iplikler, kumaşların geleneksel kullanımı dışında, artık kompozitler, filtrasyon ortamları, gaz ayırma, sensörler ve biyomedikal mühendisliği gibi yüksek talep gören yeni uygulamalarda kullanılmakta ve elyaf, iplik, kumaş üretimi için yeni yöntemler araştırılmakta ve tanıtılmaktadır. Bu araştırmalarla birlikte devrim niteliğinde bir bilim olan nanoteknolojide tekstil endüstrisine dahil olarak uygulanmaktadır. Nanolifler, bu alandaki çalışmaların sonuçlarından biridir. Nanolifler, çapları nanometre aralığında olan liflerdir. Ulusal Bilim Vakfı'na (NSF) göre nanomalzemeler, en az bir boyutu 100 nanometreye eşit veya daha küçük olan maddelerdir[1]. Elyaf formundaki bu malzemeler, yüksek spesifik yüzey alanı, esneklik ve üstün yön mukavemetinin kombinasyonu sayesinde, giyimden havacılık yapıları için güçlendirmelere kadar birçok uygulama için tercih edilen bir malzeme formu haline getirir.

Nanolifler, konvansiyonel eriyik ve çözelti eğirme yöntemleri gibi elektro eğirme yöntemleriyle 1 ila 100 mikron çapındaki sıradan ve ince denye lifler (mikro lifler) üretilir[2]. Nano liflerin üretimi için en verimli yöntem olarak elektrospinning sayesinde 3 nm'den 5µm'ye kadar farklı çaplarda birçok sentetik ve doğal polimerik nanolif üretilir.

Elektro-eğirme tekniklerindeki ilerleme, çeşitli nanolifli düzeneklerin üretimi ve inşası için yeni yöntemler getirmiştir. Elektro-eğirmeyi etkileyen parametreler, ortaya çıkan jet üzerindeki elektrik yüklerini, yük yoğunluğunu ve dış bozulmaların etkilerini içerir. Çözücü ve lif toplama yöntemi de nihai nanolifli mimarinin yapısını etkiler [3]. En basit kurulum olarak bahsedecek olursak; elektro-eğirme, polimer nanoliflerin oluşumunu kontrol etmek için bir elektrik alanı kullanır ve dört ana bölümden oluşur: metalik bir kapiler, bir yüksek voltaj kaynağı, bir pompa ve bir toplayıcı. Polimer çözeltisi, dönen memeye pompalanır ve meme ucunda gelişen bir damlacığın yüklenmesi, Taylor Konisi olarak bilinen bir akış olgusunun oluşumuyla sonuçlanır. Yüksek voltaj uygulandığında ve kritik bir değere ulaştığında (yüzey gerilimini aşarak), jet oluşur ve eğirme odasının içinde hareket eder. Daha sonra solvent buharlaşır ve eğrilmiş lifler birleştirilerek toplayıcılarda toplanır. Ayrıca, üretkenliği artırmak için çok iğneli olarak sınıflandırılan multijet elektrospinning gibi çeşitli yöntemler de kullanılmıştır[4].

Bu çalışma için seçilen polimerlerden biri olan poli(viniliden florür) (PVDF) mükemmel mekanik özelliklere, mükemmel kimyasal dirence ve olağanüstü hava koşullarına karşı dirence sahiptir [5]. Ayrıca PVDF nanolifleri yüksek esneklik, yüksek yüzey alanı, kimyasal eylemsizlik ve mekanik kararlılık gibi belirli özelliklere de sahiptir [6].

Üzerinde çalışılacak diğer polimer ise PAN'dır. Yüksek termal stabilitesi, düşük yoğunluk, yüksek mukavemet ve elastisite modülünü içeren özellikleri sayesinde yüksek teknolojide önemli bir polimer haline gelmiştir[7].

Seçilen bu polimerler ile bir elektro-eğirme yöntemi kullanılarak sürekli PAN ve PVDF nanofiber iplikler elde edilmiştir; eğrilmiş ipliklerin mekanik direnci-

çekme gerinim duyarlılığı özel olarak incelenmiştir. Eğirme işlemindeki ana parametreler sistematik olarak incelenmiştir.

DENEYSEL

Malzeme – Yöntem

PAN nanolif iplikler için, 150,000(g/mol) moleküler ağırlığa sahip ticari Poliakrilonitril tozu, J&K Scientific firmasından temin edildi.

DMF(dimetilformamid) içinde ağırlıkça %10 konsantrasyona sahip bir PAN polimer çözeltisi oda sıcaklığında sabit bir hızda çözülmesi ve karıştırılması için hazırlandı. Çözünmeyi tamamlamak için çözelti 70° C'de yaklaşık 2 saat tutuldu[8].

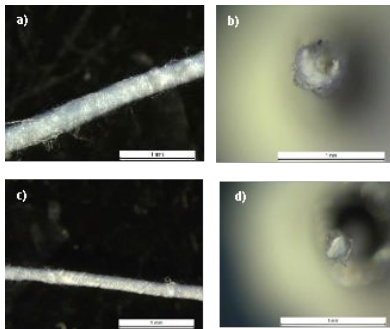
Poli(viniliden florür) nanolif iplikler için, PVDF (Alfa Aesar) polimeri tozu temin edildi.

2:2:1 oranında DMF/aseton/DMSO(dimetil sülfoksit) çözücüsü içerisine ağırlıkça %13 PVDF eklendi. Elde edilen çözelti homojen hale gelinceye kadar yeterli bir süre 50 °C'de manyetik olarak karıştırıldı.

Laboratuvar şartlarında yapılan üretimde elektro eğirme nanofiber iplik üretim süreci aşağıdaki gibidir: Inovenso NS + Nanolif İplik Elektro-üretim Makinesi kullanılarak üretilen PAN ipliklerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak için, her elektroegirme işlemi sırasında tüm parametreler en uygun şartlarda üretim sağlanabilecek şekilde ayarlandı. Besleme iğnesinin mesafesi, uygulanan voltaj, çözelti akış hızı, toplayıcının dönüş hızı ve sarma silindirin hızı sırasıyla 70-150 mm, 10-15 kV ve 0.70-1,8 ml/saat, 100-200 r/dk ve 0.1-0,9m/dk olarak tutuldu. PVDF nanolif iplikleri için bu değerler ise sırasıyla, 80-150 mm, 10-16 kV ve 2,5-3.50 ml/saat, 200-300 r/dk ve 0,5-1,5 m/dk olarak tutuldu.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Yukarıda belirtilen polimer çözeltisi ve nanolif iplik üretim parametreleri ile üretilen nanolif ipliklerin mikroskop ile çap ve yüzey incelemeleri yapılmış ve aşağıda verilmiştir.



Şekil-1: PVDF nanolif iplik yüzey (a) ve çap (b) mikroskop görüntüleri, PAN nanolif iplik yüzey (c) ve çap (d) mikroskop görüntüleri.

PAN ve PVDF çözeltilerinden 11,2 ve 29,8 tex'lik nanolif iplik numuneleri elde edildi. Nanolif ipliklerin mukavemet ve kopma uzaması, her biri 25 cm olan beş numunenin çekme testi cihazı üzerinde ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar tablo-1'de verilmiştir.

İPLİKLER	Elastisite modülü	Gerilme	Yüzde uzama
Birim	N/tex	cN/tex	%
PAN	18,73	5,6	82,9
PVDF	13,8	5,5	152,2
PAMUK ^[9]	-	22,7	5
AKRİLİK ^[9]	-	20,3	30,5

Elde edilen veriler pamuk ve akrilik iplikleriyle kıyaslandığında, uzama yüzdelерinin büyük bir farkla önde olduğu görülmektedir. PAN ve PVDF verilerine bakıldığında elastic kuvvet ve gerilme sonuçlarında poliakrilonitril nanolif ipliğinin daha iyi olduğu gözlemlenmiş olsa da poli(viniliden florür) nanolif ipliğın uzama yüzdesi daha yüksek çıkmıştır. Bu durum PAN ve PVDF nanolif ipliklerinin akıllı tekstil ve kompozit kullanım uygulamalarında avantaj sağlayabileceğini göstermektedir.

GENEL SONUÇLAR

Nanometre ölçeğindeki lifli malzemeler, elektronik polimerlerin nanofiberleri ve bunların kompozitleri, insanlığın ihtiyaçlarına hizmet eden yeni işlevler gerçekleştiren cihazların ve yapıların inşası için temel yapı taşları sağlayabilir. Proje çerçevesinde sonuçlar değerlendirildiğinde, mekanik test sonuçlarının olumlu olduğu ve daha da geliştirilebilir sonuçlar verebileceği düşünülerek teknik açıdan uygun olup kullanılması ve bu alanda yapılan çalışmaların az olmasından dolayı geliştirilmesi dikkate değerdir.

İplik yapısı, kumaş yapısı gibi tekstillerin yapıları da bilgi teknolojisi için teller, kapasitörler, sensörler, transistörler ve diyotlar, piller gibi enerji taşıma, dönüştürme ve depolama sistemleri ve yapısal sistemler de yer alarak ek avantajlar sağlayabilir.

SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

İlerleyen dönemde elde edilen laboratuvar ölçekli uygulamalara ilişkin veriler doğrultusunda üretilen nanolif ipliklerin özellikleri güçlendirilerek kullanım alanları geliştirilecektir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu araştırma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TÜBİTAK, Proje No: 118C489 tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, Nano Yarn Spinner cihazı için Inovenso Ltd. Şti.'ne ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ali Demir'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] M.C.Rocco, R.S. William, and P. Alivisatos, editors, Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report, National Science and technology Council, September 1999
- [2] Subbiah, T.; Bhat, G. S.; Tock, R. W.; Pararneswaran, S.; Ramkumar S. S. J ApplPolym Sci 2005, 96, 557–569.)
- [3] TEO, Wee-Eong; INAI, Ryuji; RAMAKRISHNA, Seeram. Technological advances in electrospinning of nanofibers. Science and technology of advanced materials, 2011.
- [4] ABBASIPOUR, Mina; KHAJAVI, Ramin. Nanofiber bundles and yarns production by electrospinning: a review. Advances in Polymer Technology, 2013, 32.3.)(DABIRIAN, F., et al. Manufacturing of twisted continuous PAN nanofiber yarn by electrospinning process. Fibers and Polymers, 2011, 12.5: 610-615.)
- [5] M.C. Clochard, J. Bègue, A. Lafon, D. Caldemaison, C. Bittencourt, J.J. Pireaux, N. Betz Polymer, 45 (2004), p. 8683
- [6] Y. Wu, X.B. Yu, Y.M. Yang, B.Y. Li, Y.C. Han Polymer, 46 (2005), p. 2365
- [7] JAIN, Rahul, et al. Processing, structure, and properties of PAN/MWNT composite fibers. Macromolecular Materials and Engineering, 2010, 295.8: 742-749.
- [8] C. Pirlot, I. Willems, A. Fonseca, J. B. Nagy, and J. Delhalle, Adv. Eng. Mater., 4, 109 (2002).
- [9] TYAGI, G. K.; KAUSHIK, R. C. D.; SALHOTRA, K. R. Mechanical characteristics of jet-spun acrylic-cotton yarns. 2000.

İplik Kalitelerinin Dokuma Hazırlık Süreçlerindeki Verimliliklerine Göre Sınıflandırılması

DEMİR, Özlem¹, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa¹, ÖZMEN SELÇUK, Aslı¹

¹Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi

ozlem.demir@ozanteks.com.tr

ÖZET

Günümüzde tekstil endüstrisinde kaliteli ürünlere olan talebin artması, iş gücü, olası arıza süreleri ve üretim maliyetlerinin en aza indirgenmesi için akıllı teknolojilerin benimsenmesine yol açmaktadır. Günümüzde teknolojiye bu devrim niteliğindeki değişiklik, üretim süreçlerini, uçtan uca tedariki ve ürün teslimatını süreçlere ve müşteri tercihlerine göre düzenleyebilir. Tekstil endüstrisi, elyaf, iplik, kumaş, giyim, ev ve dekorasyon için tekstil ürünlerinin yanı sıra teknik ve endüstriyel amaçlarla üretimi olan ekonomik faaliyet ile karakterize edilir. Tekstil sektörü, hammadde ve ara ürünlerden nihai ürünlerin üretimine kadar tüm üretim döngüsünü kapsayan çok sayıda alt sektörü içeren en eski ve en karmaşık sektörlerden biridir. Tekstil endüstrisi faaliyetleri, her biri kendine has özelliklere sahip farklı alt bölümler sunmaktadır.

Üretim ve kalite kontrol dâhil olmak üzere birçok işlemin ağırlıklı olarak insan eliyle gerçekleştirildiği emek yoğun bir endüstridir. Tekstil sürecinin uzunluğu ve teknik süreçlerinin çeşitliliği, iş yapıları ve entegrasyonları açısından farklı alt sektörlerin bir arada bulunmasına yol açmaktadır. Kumaşlarda karşılaşılan hatalar genellikle iplik, dokuma hazırlığı veya dokumadan kaynaklı olabilmektedir.

Tekstil ürünlerinde son kullanım kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri dokuma hazırlık aşamasıdır. Dokuma hazırlık süreci verimli bir şekilde yapılmayan ürünlerde sonraki aşamalarda kaliteyle ilgili sorunlar çıkabilmektedir.

Çalışmada 38 adet veri seti Rapid Miner yazılımı üzerinden gerçekleştirilen makine öğrenmesi uygulaması ile çalıştırılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Projede bulunan 38 adet verinin %50 si öğrenme amaçlı olarak kullanılmış ve kalan %50 si çok iyi, iyi ve kötü olarak gruplandırılmıştır.

AMAÇLAR

Tekstil sektöründe çözgü, haşıl ve dokuma kumaş üretiminin önemli bir parçasıdır. Dokuma hazırlık süreçlerinden biri olan çözgü hazırlama, zor olması nedeniyle dokuma işletmeleri için büyük önem taşımaktadır. Çözgü hazırlama işleminin amacı, bobin halindeki iplikleri dokuma makinesinde verimli çalışacak bir forma getirmektir. İyi bir çözgü ve haşıl

işlemi yapılmasına rağmen iplik kalitesi iyi değilse kumaş kalitesinde problemler olabilir. Üründeki iplik kalitesini hangi parametrelerin etkilediğine dair birçok çalışma bulunmaktadır.

Son kullanım kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri dokuma hazırlık aşamasıdır. Dokuma hazırlık süreci verimli bir şekilde yapılmayan ürünlerde sonraki aşamalarda kaliteyle ilgili sorunlar çıkabilmektedir. Makinaların ve proseslerin optimizasyonu sağlarsa iplik kopması minimuma inecektir. Dokuma süreçlerinde insan müdahalesi hala büyük önem taşımaktadır.

Bu proje kapsamında ipliklerin mukavemet, nem ve uzama değerlerine bakılarak ipliklerin iyi ya da kötü olması durumları öngörülme çalışılacaktır. Veri setimizde 30/1 Open end iplik temel alınmış olup bu ipliklerin lot bazında mukavemet, nem ve uzama değerleri alınmıştır. İplik test değerleri alınan her bir lot iplik, haşıl makinasında kopuş değerleri ile eşleştirilerek haşıl sürecindeki kopuş oranlarına göre kötü, iyi ve çok iyi olarak 3 gruba ayrılmıştır. Veri setimizdeki 38 adet verinin 19 tanesi (%50) öğrenme seti olarak değerlendirilmiş ve gerçekleştirdiğimiz Rapid Miner uygulamasının kalan 19 (%50) veriyi tahmin etmesi sağlanmıştır. Böylelikle iplikler haşıl sürecine girdiklerinde ne gibi sonuçlar ile karşılaşabileceği ön görülmüş olacaktır.

GİRİŞ

Bir yapının temel süreçleri etrafında karar vermeyi oluşturan tekstil ürünlerine yönelik gelecekte oluşabilecek olan talebi tahmin etmek için doğru bir tahmin modeli oluşturulması çok önemlidir. Karmaşık verilerin analizinde ise veri madenciliğinin uygulama gücü birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Tekstil üretiminde veri madenciliği, makine öğrenimi ve yapay zekâ kavramları yeni değildir. Endüstriyel ve ticari alanlarda yaygın olarak kullanılan veri madenciliği ve makine öğrenimi araçları, üretim sorunlarının çözülmesi ve endüstriyel verilerden kuralları ve kalıpların çıkarılmasına kadar birçok uygulamada yararlanılmıştır. Tekstil imalatında basit bir işlem veya standart bir ürün üretilmesinde bile büyük bir veri üretilir ve depolanır. Tekstil işlem parametreleri, lif ve iplik özellikleri, mukavemeti, kumaş performansı, hata tespiti vb. gibi birçok

uygulama veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleri ile ortaya konabilmektedir. Ayrıca bu araçlarla birlikte yapay zekânın kullanımı ile kamera tabanlı bir denetim sistemi kurarak, ürünlerin görüntülerini gerçek zamanlı olarak yakalayabilir ve mevcut kumaş desen verileriyle karşılaştırılabilir. Tekstil ürünlerinde son kullanım kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri Şekil 1’de görülen dokuma hazırlık aşamasıdır. Dokuma hazırlık süreci verimli bir şekilde yapılmayan ürünlerde sonraki aşamalarda kaliteyle ilgili sorunlar çıkabilmektedir.

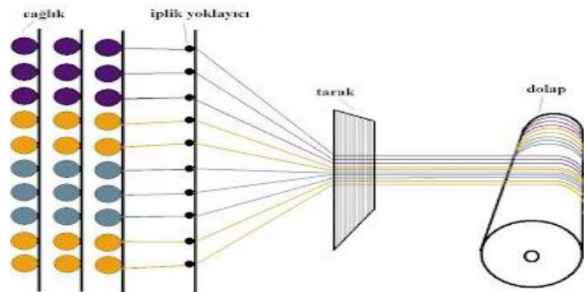


Şekil 1. Dokuma Hazırlık Süreçleri

Çözü Hazırlama;

Dokuma makinesinde kumaş dokunabilmesi için gerekli olan çözgü iplikleri dokuma hazırlık dairesinde bobin üzerinden direkt olarak kullanılamaz. Dokuma makinesine uygun levant adı verilen büyük makaralara aktarılması gerekir.

İpliklerinin dokunacak kumaşın özelliklere göre (çözgü tel sayısı, çözgü renk raporu, çözgü uzunluğu) birbirine paralel ve aynı gerginlikte uygun bir şekilde dokuma levendi üzerinde sarılması işlemine çözgü hazırlama denir². Bu işlem yapılırken ilk olarak bobinler cağığa dizilir, buradan alınan iplik uçları levende aktarılır. Çözgü ipliklerini, istenilen özelliklere göre, levant denilen büyük makaralara aktarılması işleminde kullanılan dokuma hazırlık makinelerine çözgü makineleri denir³.

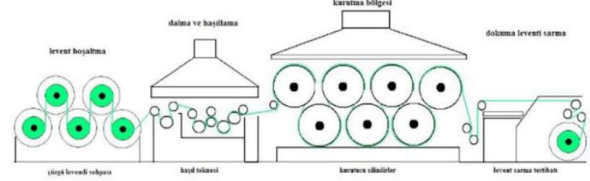


Şekil 2. Çözgü Hazırlama

Haşılama;

Çözgü ipliklerine dokumadaki darbeleri ve gerilimli çalışmaya dayanabilecek şekilde mukavemet

kazandırmak, dokumadaki çalışma sırasındaki yan yana hareket eden ipliklerin birbirlerine dolaşmalarını ve elektriklenmeyi en aza indirmek için gerçekleştirilen işleme haşılama, bu özellikleri sağlayan sıvıya haşıl denir⁴.



Şekil 3. Haşıl Süreci

Dokuma Hazırlık Aşamasında Ele Alınacak Faktörler
Çözgü makinesi ile ilgili faktörler:

- Makine hızı

- Kopuş sayısı

İplik kalitesi ile ilgili faktörler:

- İplik numarası

- Mukavemet

- Uzama değerleri

- İplik bükümü

- İplik nemi

- İnce-kalın yer

- Tüylülük

- Neps

- %CV

Haşıl makinesi ile ilgili faktörler:

- Tekne sıcaklığı

- Baskı silindiri

- Tambur sıcaklığı

- Nem değeri

- Makine hızı

- Viskoziye

- Kopuş sayısı

- Nem

- Ph

- Sıcaklık

- Haşıl maddesi

- Sıkma basıncı

- Çözgü ipliği gerginliği

- Çalışma hızı

- Pişirme süresi

- Kuruma zamanı

Yapay zekâ; insanların yaptıklarını bilgisayarlar yapabilir hale getirmeye çalışmasıdır⁵.

Yapay zekâ, akıllı davranış üzerine bir çalışmadır. Ana hedefi, doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulmasıdır³.

Yapay zekâ; şu ana kadar yapılamayanlardır.

Yapay Zekanın Problemleri⁶;

Problem Çözümleme; Problem çözümünde insanın psikolojik açıdan gerçekleştirdiği süreçlerin modellenmesi amaçlanır.

Oyunların Modellenmesi; burada strateji oyunları ele alınarak bilgisayarın insana benzer bir biçimde kararlar verebilmesinin nasıl sağlanacağına değinilmektedir.

Bilgilerin Modellenmesi; buraya bilgilerin modellenmesi ve onların farklı yöntemlerle bilgisayara aktarılması dâhildir. Bilgilerin modellenmesi Örüntü tanıma, Doğal Dil işleme, Uzman Sistemler ve diğer Yapay Zekâ problemlerinin çözümünde önem taşımaktadır.

Otomatik Teorem İspatı; burada matematik ve mantıkla ilişkili bir biçimde önermelerin ispatı ve yenilerinin bulunması üzerinde durulmaktadır.

Uzman Sistemler; uzmanlık konusundaki problemlerin çözümü ile ilgili özel bilgileri içermektedir. Bu sistemler, farklı alanlarda uzmanlaşmış kişiler tarafından çözümlenen problemlerin bilgisayarda modellenmesi şeklinde tanımlanabilir.

Doğal Dilin İşlenmesi; burada genellikle etkileşimli soru-cevap biçiminde olan sistemler, anlamının modellenmesi, cümlelerin analizi, imla hatalarının algılanması ve düzeltilmesi, otomatik çeviri sistemleri ele alınmaktadır.

Ses İşleme; sesli bilgisayar-insan ara yüzünün oluşturulması, konuşmanın analizi, konuşma tanıma, ses tanıma, şive/dil tanıma, vb. bu alt dalın problemlerindendir.

Örüntü Tanıma; burada görsel ve bazı durumlarda işitsel nesnelerin tanınması araştırılmaktadır. El yazısı, imza tanınması, bilgisayarlı dudak okuma vb.

Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme; Bu bölüm matematiksel ve istatistiksel işlemlerle veriler üzerinden çıkarımlar yaparak tahmin mekanizmasının bilgisayarlı modellenmesidir. Yapay Sinir Ağları, Özellik çıkarma, Sınıflandırma teknikleri bu gruba dâhil olmaktadır.

Bilgisayar Yaratıcılığı; burada genellikle insana özgü zihinsel durumların modellenmesi amaçlanmaktadır. Fotoğrafın resme dönüştürülmesi, resmin fotoğrafa çevrilmesi, ifadeden çizimin yapılması, resim eserlerinin belli bir ressama özgü şekilde çizdirilmesi, bilgisayarlı müzik besteleme, şiirlerin, hikâye ve romanların yazılması bu alanın problemlerindendir.

Robotik; Mekanik alanına giren robotik, Yapay Zekanın sınırındadır. Dronların düzen kontrolünün yapılması, güzergâh belirleme, çarpışmaların önlenmesi ilgili alt dalın problemlerindendir. Akıllı donanımsal bileşenler, algılayıcılar da bu alanla ilişkilidir.



Şekil 4. Yapay Zekanın Temel Problem Alanları⁷

2001 yılında, YALE (Yet Another Learning Environment) olarak ilk kez duyurulan Rapid Miner yazılımı, günümüzde bulunan makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi süreçlerin %99'unu gerçekleştirebilecek donanımdadır⁸.

Rapid Miner, Java dilinde yazılmış olup, kendi içerisine Java dili ile kod eklenme imkanı sağlamasının yanında, Python, Weka veya R gibi diller/ortamlarla da uyumlu olarak çalışabilmektedir.

Ücretli ve ticari versiyonunun yanında, sonsuza kadar ücretsiz olacağı vaat edilmiş olan ve AGPL lisansı ile dağıtımı süren topluluk sürümü de bulunmaktadır⁹.

2001 yılında ilk kez Ralf Klinkenberg, Ingo Mierswa ve Simon Fischer tarafından Dortmund Teknik Üniversitesi, yapay zekâ biriminde geliştirilmiştir.

2006 yılından itibaren, Ingo Mierswa ve Ralf Klinkenberg tarafından kurulan Rapid-I isimli şirket tarafından geliştirilmeye başlanmıştır.

2007 yılında, yazılımın adı YALE'den RapidMiner'a çevrilmiştir.

2013 yılında, şirket yeni ismi olan Rapid-I ile RapidMiner ürününü markalaştırmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışma verileri, Ozanteks Tekstil San ve A.Ş.' den alınmıştır. Ozanteks, 1973 yılında Denizli'de kurulmuştur. Ozanteks'te çözüğü, haşıl, dokuma, düz ve yuvarlak örme, kumaş boyama, pad batch, overflow ve polyamid boyama, havlu, bornoz, nevresim, dikişsiz konfeksiyon departmanları bulunmaktadır. Ozanteks, 300 adet havlu ve kumaş dokuma tezgâhı, 100 adet iç giyim ve örgü makinası, 21 HT, 7 Polyamid, 5 Koni Boyama, 1 Open-End Boyama, kapitone kumaş ve yorgan makinası ve 700 adet dikiş makinası ile üretim yapmaktadır.

Aylık olarak ortalama 600 ton ev tekstili dokuması yapılmakta olduğu için çözüğü ve haşıl süreçlerindeki verimlilikler çok önemli olmaktadır.

Ozanteks iplik laboratuvarından elde edilen sonuçlar ile aynı lotlu ipliklerin çözüğü ve haşıl makinelerindeki kopuşları arasındaki ilişki kurularak Tablo 1' deki veri seti hazırlanmış ve Rapid Miner repository sine yüklenmiştir.

Çözgü ve haşıl makinalarındaki kopuş verileri Rapid Miner programına yüklenerek analiz yapılmıştır.

RapidMiner;

Makine öğrenmesi,

Veri madenciliği, veri bilimi

Metin madenciliği,

Tahmin edici analiz ve iş analizi

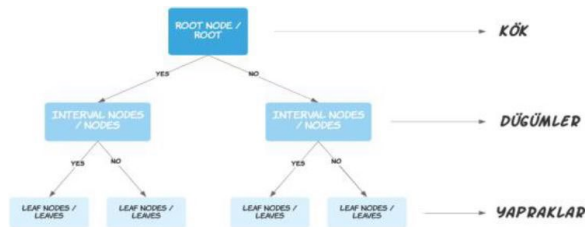
Amaçlarına yönelik olarak geliştirilmiş bir yazılım platformudur.

Rapid Miner, makina öğrenmesiyle ya da iş zekasıyla ilgili çok fazla aracı birleştirilebilen ve uçtan uca çözüm yapılabilen, veriyi alıp ön işlemeden geçirip, makine öğrenme süreçlerinden geçirip en son raporlamaya, görselleştirmeye kadar götürülebilen bir araçtır.

Karar Ağacı

Karar ağaçları; sınıflandırma ve Regresyon problemlerinde kullanılan, ağaç tabanlı algoritmadan biridir. Karmaşık veri setlerinde kullanılabilir.

- Karar ağaçlarının ilk hücrelerine kök (root veya root node) denir. Her bir gözlem kökteki koşula göre “Evet” veya “Hayır” olarak sınıflandırılır.
- Kök hücrelerinin altında düğümler bulunur. Her bir gözlem düğümler yardımıyla sınıflandırılır. Düğüm sayısı arttıkça modelin karmaşıklığı da artar.
- Karar ağacının en altında yapraklar bulunur. Yapraklar, bize sonucu verir.



Şekil 6. Karar ağacının şematik gösterimi

Sınıflandırma ve Regresyon problemlerinde çok çıktılı bir şekilde çalışabilir.

Karmaşık veri setlerinde kullanılabilir.

Scale etmeye ve çok fazla veri ön işlemeye gerek duymaz.

Kök hücreyi seçerken veri setini mümkün olduğunca anlamlı şekilde ayrıştırabilen sütun seçilmeye çalışır. Karar Ağacı, önceden tanımlanmış olan `max_depth` parametresine ulaştığında veya daha saf bir alt küme elde edemediğinde durur.

K-NN Algoritması

K-NN algoritması, seçilen noktanın hangi sınıfa ait olduğunu tespit için kullanılan sınıflandırma algoritmasıdır. Temelde mesafe hesaplaması temeline dayandırılmıştır.

KNN algoritması bir eğitim verisi içerir ve yeni bir değer geldiğinde K değerine mesafeler hesaplanır ve yeni değer bir kümeye ilave edilir.

Mesafe hesaplama işleminde ise k-means ve hiyerarşik kümeleme de kullanılan Öklid uzaklığı, Manhattan uzaklığı gibi mesafe hesaplama yöntemleri kullanılabilir.



Şekil 7. K-NN Algoritması

Bu algoritma beş adımdan oluşur (Çalışma mantığı):

1. Öncelikle K değeri belirlenir.
2. Diğer nesnelerden hedef nesneye olan Öklid uzaklıkları hesaplanır.
3. Uzaklıklar sıralanır ve en minimum uzaklığa bağlı olarak en yakın komşular bulunur.
4. En yakın komşu kategorileri toplanır.
5. En uygun komşu kategorisi seçilir.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Ozanteks iplik laboratuvarından elde edilen sonuçlar ile aynı lotlu ipliklerin çözgü ve haşıl makinalarındaki kopuşları arasındaki ilişki kurularak Şekil 8' deki veri seti hazırlanmış ve Rapid Miner repository sine yüklenmiştir.

Row Num	Duration	By Event	Start Date	Accts.	Spk. Mkt	Memo	Spk. Part	Spk. Part	Comp. Rate	Head Lines	Makeupman	Estimate	News (Cdn)	Ctr
1	SP	1	301 07/01/02	301	10000	54V/ST/1	10020	60	40	12.760	0.070	1.700	15	1
2	SP	2	301 07/01/02	301	20010	54V/ST/1	10030	67	40	12.760	0.070	1.700	30	1
3	SP	3	301 07/01/02	301	17100	54V/ST/1	10040	68	40	12.760	0.070	1.700	15	1
4	SP	4	301 07/01/02	301	20010	54V/ST/1	10020	101	60	12.010	0.020	1.600	30	1
5	SP	5	301 07/01/02	301	16320	54V/ST/1	10020	151	30	12.010	0.010	1.600	15	1
6	SP	7	301 07/01/02	301	10000	USP/AN	10040	70	30	13.760	0.040	1.700	23	1
7	SP/CLP	8	301 07/01/02	301	16000	USP/AN	10040	40	10	13.760	0.040	1.700	23	1
8	SP	9	301 07/01/02	301	24000	USP/AN	10040	50	10	13.760	0.040	1.700	40	1
9	SP	10	301 07/01/02	301	24000	USP/AN	10040	107	60	13.760	0.040	1.700	31	1
10	SP/CLP	11	301 07/01/02	301	18010	USP/AN	10040	86	40	13.760	0.040	1.700	18	1
11	SP	12	301 07/01/02	301	20010	USP/AN	10040	100	60	13.760	0.040	1.700	18	1
12	SP	14	301 07/01/02	301	24000	USP/AN	10040	120	100	13.760	0.040	1.700	18	1
13	SP/CLP	15	301 07/01/02	301	33007	USP/AN	10040	100	100	13.760	0.040	1.700	20	1
14	SP	16	301 07/01/02	301	20010	USP/AN	10040	110	40	13.760	0.040	1.700	25	1
15	SP	17	301 07/01/02	301	33000	USP/AN	10040	80	10	13.760	0.040	1.700	30	1
16	SP	18	301 07/01/02	301	23000	USP/AN	10040	141	141	13.760	0.040	1.700	23	1
17	SP	20	301 07/01/02	301	21000	USP/AN	10030	80	40	13.760	0.070	1.800	20	1
18	SP	21	301 07/01/02	301	20010	USP/AN	10030	100	60	13.760	0.070	1.800	20	1
19	SP/CLP	22	301 07/01/02	301	16710	USP/AN	10030	80	40	13.760	0.070	1.800	21	1
20	SP	23	301 07/01/02	301	21000	USP/AN	10030	82	40	13.760	0.070	1.800	21	1
21	SP	24	301 07/01/02	301	16710	USP/AN	10030	84	37	13.760	0.070	1.800	19	1
22	SP/CLP	25	301 07/01/02	301	17030	USP/AN	10030	45	37	13.760	0.070	1.800	19	1
23	SP	26	301 07/01/02	301	24000	USP/AN	10030	81	20	13.760	0.070	1.800	17	1
24	SP	27	301 07/01/02	301	15500	USP/AN	10030	40	40	13.760	0.070	1.800	17	1
25	SP	28	301 07/01/02	301	19100	USP/AN	10030	40	40	13.760	0.070	1.800	17	1

Şekil 8. Veri Seti

Rapidminer uygulamasında genel ekran görüntüsü Şekil 9’ da gösterilmiştir. Proje kapsamında kullandığım operatörler ve açıklamaları aşağıda verilmektedir:

Detect Outlier: Bu operatör, en yakın k komşusuna olan mesafeye bağlı olarak verilen Örnek Küme'de n adet aykırı değeri yakalar. n ve k değişkenleri parametreler aracılığıyla belirtilebilir. Proje kapsamında 10 adet komşuya bakılıp 3 adet aykırı değerlin yakalanmasına yönelik parametre girişi yapılmıştır.

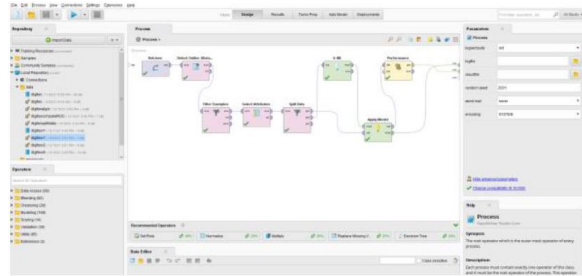
Filter Examples: Bu operatör, bir Örnek Küme’ sinin hangi örneklerinin tutulacağını ve hangi örneklerin kaldırılacağını seçer. Proje de detect outlier yaptıktan sonra yakalanan aykırı verilerin filtrelenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Select Attributes: Bu operatör, bir örnek kümesinin niteliklerinin bir alt kümesini seçer ve diğer nitelikleri kaldırır. Proje de veri seti içinden seçilen özellikler; iplik mukavemeti, iplik nemi, iplik uzama değerleridir. **Split Data:** Bu operatör, verilen örnek kümenin istenen sayıda alt kümesini üretir. **ExampleSet**, belirtilen görelî boyutlara göre alt kümelere bölünür. Projemizde verilerin %50 sini makine öğrenmesi gerçekleştirilmesi için K-NN algoritmasının çalışacağı operatöre, kalan %50 si de etiketlenmesi için “Apply Model” operatörüne yönlendirilmiştir.

K-NN: Bu operatör, sınıflandırma veya regresyon için kullanılan bir k-En Yakın Komşu modelini oluşturur.

Apply Model: Bu operatör, girdisi olan modeli veri setine uygular. Projede veri setine K-NN algoritması uygulanmıştır.

Performance: Bu operatör, sınıflandırma görevlerinin istatistiksel performans değerlendirmesi için kullanılır. Projemizde K-NN algoritması uygulanan veri setinin performansı incelenmiştir.



Şekil 9. Rapid Miner Ekran Görüntüsü

ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa1 (0000-0001-7976-6049)

DEMİR Özlem (0000-0003-1505-2164)

ÖZMEN SELÇUK, Aslı (0000-0002-8227-3808)

GENEL SONUÇLAR

Ozanteks den elde edilen 38 adet veri seti Rapid Miner yazılımı üzerinden gerçekleştirilen makine öğrenmesi uygulaması ile çalıştırılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Projede bulunan 38 adet verinin %50 si öğrenme amaçlı olarak kullanılmış ve kalan %50 si çok iyi, iyi ve kötü olarak gruplandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar “Performance” operatörü ile analiz edilmiş ve Şekil 10’da verilmektedir. “Detect outlier” ve filter example operatörü ile aykırı veriler ayıklanmış ve veriler “split data” operatörü ile K-NN algoritmasına yönlendirilerek makine öğrenmesi gerçekleştirilmiştir. “Apply Model” operatörü ile etiketlenmemiş olan veriler tahmin edilmiştir. Sonuç

olarak elde edilen verilere göre Şekil 10’u şu şekilde yorumlayabiliriz:

9 adet “iyi” değerindeki veri %100 oranında doğru olarak tahmin edilmiştir.

5 adet “kötü” değerindeki veri “iyi” değerinde tahmin edilerek %100 oranında yanlış tahmin edilmiştir.

2 adet çok iyi değerindeki veri “iyi” değerinde tahmin edilerek %100 oranında yanlış tahmin edilmiştir.

Uygulamanın genel performansı %56,25 olarak gerçekleştirilmiştir.

	True (1)	True (0)	True (0.5)	Class Precision
pred (1)	9	5	2	0.25%
pred (0)	0	0	0	0.00%
pred (0.5)	0	0	0	0.00%
class recall	100.00%	0.00%	0.00%	

Şekil 10. RapidMiner Sonuç Performansı

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Rapid Miner uygulaması çok detaylı operatör ve parametreler ile çalışmaya imkân tanıyan bir yazılım olduğunu söyleyebiliriz. Veri setleri büyütülerek, daha farklı algoritmalar kullanılarak çok daha iyi sonuçlar alınabilmektedir. Bir sonraki çalışmada iplik büküm değerlerinin de veri setine ekleyerek, en az 500 adet veri seti ile uygulamanın daha da geliştirilmesine çalışılacaktır.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Rapid Miner yazılımını öğrenmeme vesile olan sayın hocam Prof. Dr. Sezai Tokat’a çok teşekkür ederim.

Çalışmada fon kullanılmamıştır veriler Ozanteks Tekstil San. Ve Tic. A.Ş.’den tedarik edilmiştir.

KAYNAKLAR

1 Barış, B. (2018). Dokuma kumaş hatlarının belirlenmesi ve nedenlerinin giderilmesi için bir uzman sistem uygulaması.

2 “Warping Process in Weaving: Objectives, Types, Operation and Problems” published by textileblog, (2020). <https://www.textileblog.com/warping-process-in-weaving/>

3 <http://dokumatasarim.blogspot.com/2008/12/ipliin-dokumaya-hazrlanmas.html> Son erişim tarihi: 25 Ekim 2021

4 10. <https://slideplayer.biz.tr/slide/2920414/> Son erişim tarihi: 25 Ekim 2021

5 Pospelov D.A., /Ed), (1990), ‘Yapay zeka. Modeller ve yöntemler’, Kitap II, Moskova, Radio i Svyaz., 364 s.

6 Şeker, Ş.E.(2013). İş zekası ve veri madenciliği. İstanbul:Cinius yayınları.

7 Yakut, E., Çot, E. (2019). Yapay sinir ağı tekniği kullanılarak polipropilen BCF ipliklerinin uzama, mukavemet ve kıvrımlılık değerlerinin tahminlenmesi. Ankara:Ekin.

8 <https://rapidminer.dqturkiye.com/rapidminer-nedir.html> Son erişim tarihi: 20 Ekim 2021

9 Şeker, Ş.E., Rapid Miner, <https://www.sadievrenseker.com/kitap/rm.pdf>

CHAPTER 5

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK SUSTAINABILITY



Coconut (*Cocos nucifera*) Sheet Based Composites for Ballistic Applications

Mohammad Jawaid



Laboratory of Biocomposite Technology, Institute of Tropical Forestry and Forest Products (INTROP), University Putra Malaysia, UPM Serdang, 43400, Selangor, Malaysia
Email id: jawaid@upm.edu.my

ABSTRACT

Fabrics having outstanding mechanical properties and ballistic resistance are used in ballistic structures and in protective clothing. Coconut nucifera sheet (CS) is naturally available woven fabrics which can be utilized in ballistic applications by hybridizing and modified it properties. In this study CS/epoxy and Kevlar hybridized CS/Kevlar hybrid composites fabricated and also epoxy resin modified by Graphene nanoparticles (GNP) and carried out comparative study between GNP modified and unmodified pure CS/epoxy and Hybrid composites. Ballistic testing of pure and hybrid composites carried out as per NIJ 0108.01. CS/epoxy and CS/Kevlar hybrid composites show higher ballistic performance due to randomly interlaced dense weaving nature of the *Cocos nucifera* sheath which enhances the mechanical interlocking with adjacent layers which can absorb and dissipate the kinetic energy of the projectile rapidly away from the impact zone. It noticed that GNP didn't show improvement for hybrid and *Cocos nucifera* sheath reinforced epoxy composites due to improved fibre/matrix interfacial bonding. We developed techno economic hard body armour by using Coconut nucifera sheet. A *cocos nucifera* sheath based multi-layer hard body armour system which protects the soldiers against high kinetic energy projectiles (7.62mm caliber) according to NIJ level III standards at 840-850 m/s. The existing Kevlar fabric based multilayer armour system is costlier and it pollutes the environment after its service life. But, natural fiber based hard body armour reduces the environmental issues and cost.

Keywords: *Cocos nucifera*; Kevlar; Epoxy resin; Composites; Ballistic applications.

Recent Advances in Sustainable Dyeing of Textiles

Aminoddin Haji



Textile Engineering Department
Yazd University
Iran
ahaji@yazd.ac.ir

Abstract

The conventional textile dyeing processes have several problems. Consumption of huge amounts of water and the consequent environmental pollution are the most important challenges. The current inefficient dyeing procedures cause the loss of huge amounts of dyes which remain in the dyebath after the dyeing. Due to these problems and the awareness of the consumers about the existing hazards, new cost-effective, resource-efficient and sustainable dyeing alternatives are highly demanded. These processes may include one or more of the following approaches:

- Reduce water usage (such as using non-aqueous solvents like protic ionic liquids)
- Replace wasteful procedures with efficient and cost-effective ones (such as SCCO₂ dyeing)
- Pre-treatments to enhance the dyeability of textiles (such as plasma treatment of wool and cationization of cotton)
- Replacing the synthetic dyes and pigments with new sustainable alternatives (such as plant-based and microbial pigments, structural coloration, etc.)

In this paper, the different approaches studied for the sustainable dyeing of textiles are reviewed and the results of some works being done at Yazd University in this field are explained.

A Study on Production of biofuel From Textile Waste as a Feedstock – A Review

Zahra SHAHI¹, Mohammad KHAJEH MEHRIZI^{*2}

1. PhD. student, Textile Engineering Department, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran.

2. Associate Professor, Textile Engineering Department, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran.

*Correspondence: mkhajeh@yazd.ac.ir

ORCID:

SHAHI, Zahra (0000-0001-8292-3391)

KHAJEH MEHRIZI, Mohammad (0000-0001-6339-7728)

Abstract:

Nowadays, the energy sources for human activity come from fossil fuels. Fossil fuels are non-renewable and have negatively impact on the environment, such as the greenhouse effect and the depletion of the ozone. Biofuels derived from plant, and organic residues are renewable, environment-friendly, and have received a large amount of attention in recent years. Conversion of waste to reusable products are gaining much importance in today's world. Textile is a global product used by all people in the world and the textile manufacturing process produces a significant amount of solid waste. The annual production of textile waste is steadily increasing. The current routine to dispose of this waste is incineration or landfilling that causing increasing concern about the impact of the waste on the environment. These wastes like dirty cotton, leather fleshing waste, textile desizing, sewage sludge, etc., can be used as a feedstock for biofuel production due to high fat content and cellulose. This article targets is to overview textile waste as a feedstock which can be useful in biofuels production.

Keywords: biofuel, textile waste, cotton, leather fleshing, sewage sludge.

Introduction

Energy has become a crucial factor for humanity. According to the International Energy Agency (IEA), the world will need 37% more energy in 2040 [1]. The progress has been phenomenal in the using of non-renewable energy sources, comprising coal (29%), natural gas (24%), and oil (35%) [2]. Today, Fossil fuels are dominating the global energy market [3]. Recently, the increase of energy consumption in transportation (more than 95% energy) and technology has led to scarcity of fossil fuel resources in the world [4, 5]. Fossil fuels are non-renewable, with limited reserves and the high prices that cause climate change, emissions of greenhouse gases, environmental pollution, and damage of biodiversity. With growing concerns about fossil

fuels, biofuels as an environment-friendly energy source have received a large amount of attention in recent years [6, 7]. Biofuels are fuels derived from biomass, which can play an essential role in reducing greenhouse gas emissions [1]. For example, bioethanol contains 35% oxygen that helps complete combustion of fuel and reduces emission of particulate that are dangerous to the health of living beings [8].

The biofuels are discrete into three descendants. The first descendant is the biodiesel from sugars, oil crops such as soybeans, and animal fats. The second descendant is the biodiesel from numerous kinds of vegetables (jatropha, mahua). The last descendant is the biodiesel from microalgae and microbes [7, 9]. Microalgae do not need much cultivation land as compared to vegetable plants; however, it proves a better feedstock for biodiesel as shown in Table 1 [10].

Table 1. Biodiesel production of different feedstock [10].

Source	Crop Name	Oil yield (L ha ⁻¹)	Biodiesel productivity (kg biodiesel/ha-year)
First generation	Corn	172	152
	Soybean	446	562
Second generation	Jatropha	741	656
	Castor	1307	1156
Third generation	Microalgae (wet)	58,700	51,927
	Microalgae (Dry)	136,900	121,104

The waste materials including municipal waste and cellulosic waste (wood and waste textiles) are examples of biowaste that can be used as substrate for biofuels production [11].

Biofuels production from textile waste

The textile manufacturing process produces a significant amount of solid waste [12]. According to Environmental Protection Agency (EPA) report (2013), annually, 15.1 million tons of textile waste is generated from US. Waste textile management is reusing of second-hand textiles, filling materials, landfilling, and burning. All of these processes have

negatively impact on the environment and lead to the loss of energy and raw materials [13]. Therefore, it is essential to develop a technology to reuse nontoxic organic and biomass to produce of renewable energy [14]. These wastes like, dirty cotton, leather fleshing waste, sewage sludge, etc., can be used as a feedstock for biofuel production and energy [3, 15].

Cotton-based waste textiles

Population growth has been one of the critical factors to more energy and fiber consumption [13]. Around 40% of the fiber consumption in the world is cellulose. Almost one-third of the waste textiles from clothing and other textile products are cotton and viscose. Used clothes are landfilled or incinerated in waste collection stations. [3, 16]. Cotton textile industries face critical problems on waste management, which results in environmental pollution and health hazards.

Structure and properties of cotton waste

These wastes includes lignin (20-30%), hemicellulose (19-34%), and cellulose (33-51%) which can be used as feedstock for the production of biofuels, such as bioethanol and biogas [17, 18]. Cotton waste is rich in cellulose and the results for analyses of cotton waste are shown in Table 2 [19].

Table 2. Analyses of cotton waste [19].

Content	Percentage (%)
Cellulose	54.00
Non-cellulose	16.00
Ether extractive	12.00
Moisture	8.80
Ash	7.20
Metals & other	3.20
Nitrogen	0.80

Waste management is one of the biggest problems faced by the cotton ginning industry. Ginning one bale (227 Kg) of cotton lint contributes between 37 and 147 Kg of waste [20]. Figure 1 shows the solid wastes that are generated from different stages of cotton processing [17]. It can be shown that wastes of spinning process include carding waste, comber noils, sweeping waste and microdust.

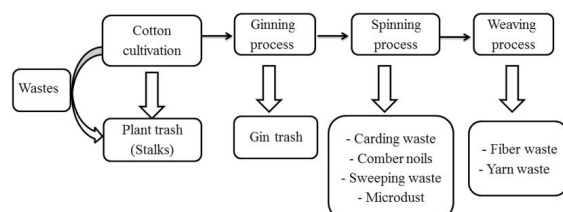


Figure 1. Solid wastes during cotton processing stages [17].

Biofuel production from lignocelluloses material (cotton waste)

The various processes involved in biofuel production include pretreatment, hydrolysis, fermentation, and distillation (Figure 2) [18].

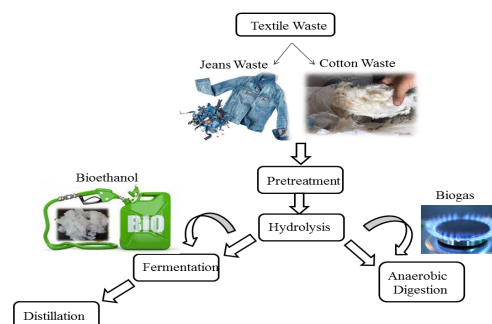


Figure 2. Biofuel production from textile waste [18].

Pretreatment

One of the major challenges in biofuel production from waste textiles is highly compact and crystalline structure of cotton, resulting in very low bioconversion rate and yield. Thus, a suitable pretreatment is required to improve the digestibility of cotton-based waste textiles and achieve a high yield of biofuel production [13]. The pretreatment (chemical, physical and biological methods) is considered as one of the most stages for destroying the lignin and increase the amorphous regions (Figure 3) [16, 21].

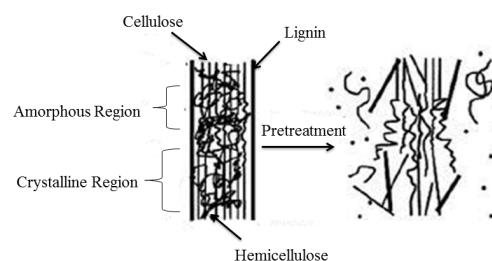


Figure 3. Pretreatment effect on the lignocellulosic [21].

Besides being considered as a crucial stages in the biofuel production, pretreatment methods as an energy-intensive process, represents one of the main economic costs in the process [22]. In chemical treatment reduced consumed lower energy, which results in higher hydrolysis efficiency [17]. Acid treatment is carried with concentrated or dilute acid. Zhang et al. produced amorphous cellulose, by dissolving cotton waste in phosphoric acid (83%) [23]. Sahu et al. reported that maleic acid was found the efficient pretreatment agent with minimum toxic by-products [24]. Alkali pretreatment due to swelling of the internal microfibrils increasing the amount of amorphous regions [25]. Sodium hydroxide (NaOH) is used for alkali pretreatment

due to its hydroxyl bonds, which easily enter into hydrogen bonds and break out the crystalline nature [17]. Elahe et al. studied alkaline pretreatment of polyester-cotton textile using 12% NaOH at -20 °C for 1 h. The maximum yield of ethanol production obtained 70% after the pretreatment, whereas it was only 36% for the untreated textile [26]. Megala et al. showed that the concentration of bioethanol was high in chemical pretreated cotton waste (acid) compared to nonchemical pretreated (ultrasonicated) with an increase in the lignin degradation and the cellulose release. It is observed from the table 3 that the increase in acid concentration and ultrasonication time results in an increased lignin degradation and increased in reducing sugar formation [27].

pretreatment	Concentration (%)	Lignin content (g)	Cellulose content (g)
Without pretreatment	-	0.251	0.437
Sulphuric acid	4	0.108	0.711
	5	0.069	0.793
Ultrasonication	Time (h)	-	-
	6	0.129	0.612
	9	0.074	0.776

The chemical treatment has some negative effects, including corrosion and the need for neutralization that produces environmental pollutants [13]. In the biological method, the white-rot fungi are the major group studied for bioethanol production [17].

Hydrolysis

The hydrolysis of the biomass is conversion of polymers, such as cellulose, hemicellulose and lignin into monomers such as reducing sugars (glucose) [18].

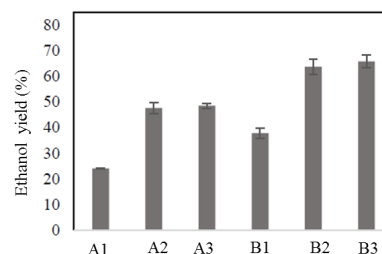
Fermentation

Fermentation is the bioconversion of monomers (reducing sugars) to biofuel, such as bioethanol. The bacterial species, such as *Bacillus polymyxa* and *Escherichia coli* and the fungal species, such as *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia stipites*, are species involved during of the fermentation process [18].

Distillation

Distillation is necessary for the separation of bioethanol from raw products. The vaporization of ethanol at a low temperature of 78° C helps it during separation. The product is an azeotropic mixture of ethanol with an insignificant amount of water [18]. Hasanzadeh et al. used the cotton part of waste jean (40/60 polyester/cotton) for biogas and ethanol production [13]. Biogas, containing energy-rich methane, is produced when some bacteria decompose biological material in an anaerobic

environment (anaerobic digestion) [19, 28]. Alkaline pretreatment using sodium carbonate (Na₂CO₃) (0.5 M, 150 °C, 120 min) is an eco-friendly method to enhance the biodegradability of waste and production of bioethanol (ester yield: 69.4%) (Figure 4) [13].



A1: Jeans, untreated
A2: Jeans, 0.5 M, 150 °C
A3: Jeans, 1 M, 150 °C
B1: Pure cotton untreated
B2: Pure cotton, 0.5 M, 150 °C
B3: Pure cotton, 1 M, 150 °C

Figure 4. Effect of the pretreatment on the ethanol production [13].

The biodiesel yield was determined as [6]:

$$\text{yield (\%)} = \frac{\text{Total weight of fatty acid methyl ester}}{\text{Total weight of oil in the sample}} \times 100 \quad (1)$$

Jeihanipour et al. investigated ethanol production (yield: 86%) from the waste of blue jeans and cotton. Alkali pretreatment (12% NaOH, 0°C, 3 h) and enzymatic hydrolysis (45 °C, 24 h) resulted in conversion of the cotton (99.1%) and jeans to glucose and then fermented by *Saccharomyces cerevisiae* (4 days) to bioethanol [16].

The yield of enzymatic hydrolysis is defined as:

$$\begin{aligned} \text{The yield of enzymatic hydrolysis} \\ = \frac{\text{glucose released } \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right)}{\text{glucan in sample } \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right) \times 1.11} \times 100 \quad (2) \end{aligned}$$

The correction factor (1.111) is used to consider the water added to the cellulose chains [29]. In cotton manufacturing, more than one million tons of starch (a sizing agent) are used, annually. The carbohydrate liquors of desizing process are without use, and no economic strategy for the recycling of this waste. Carbohydrates are energy sources that can be used to fuels [15].

Sewage sludge waste textiles

Sewage sludge is a by-product of processes involved with wastewater treatment [30]. With the rapid increase in industrial activities, large amounts of sewage sludge are generated annually. For example, in 2018, Taiwan's industry produced more than 1.1×10^6 tons of biological sludge, which textile sludge was 4.2×10^4 tons [14]. The composition of the textile sludge is heavy metals (Cd, Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, etc.), dyes, and a substantial amount of organic matter, phosphorus, nitrogen, and micronutrients

[12, 31]. Sewage sludge can be used for soil improver or phytoremediation purposes [32]. Phosphorus and nitrogen content in sewage sludge improves the organic matter of the soil structure [33]. If there is no possibility of agricultural utilization of sewage sludge, it is subject to the landfill or thermal disposal [32]. The shortage of landfills and environmental damages, such as soil and groundwater contamination, is an essential challenge [14, 34, 35]. The primary sludge is a combination of grease and solids. The secondary sludge (activated) is composed of microbial cells. The sludge is a potential source of lipids (up to 30 wt. % based on dry sludge) that could be used as a source of cheap and available for biofuels [1, 36].

Pretreatment of sludge

The utilization of the sludge pretreatments (ultrasonic, acid hydrolysis) could improve the efficiency of lipid extraction. These pretreatments can release the lipids from other macromolecules. The common methods are ultrasonication and mechanical disintegration that used to enhance biogas production. Ultrasonic can disintegrate sludge flocs, breaking bacterial cell walls and releasing intracellular substances into the aqueous phase. Mechanical disintegration is used to reduce the size of the sludge particles and disintegrate cells [37, 38].

Lipid extraction and transesterification

Lipid extraction can determine the biodiesel yield [37]. The common method for lipid extraction is to extract by organic solvents (for example, toluene, hexane, ethanol, and chloroform). It is well known that non-polar solvents are the best because they can extract non-polar/saponifiable lipids convertible to biodiesel. Hexane is widely used for extracting the lipid because it has better lipid accumulating property. The lipids converted into biofuels using an alcohol such as methanol and in the presence of catalysts (acid, alkaline, enzymes) by transesterification reaction (Figure 5) [1, 39].

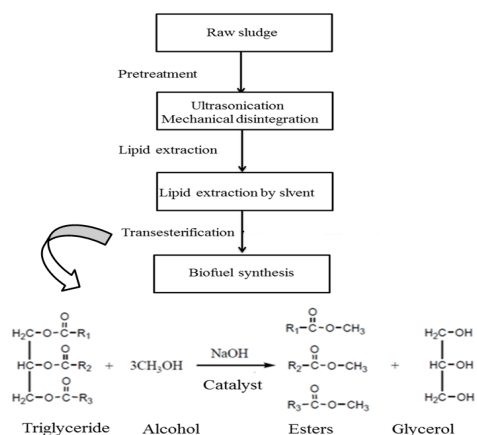


Figure 5. Schematic of biodiesel production [39].

Manyuchi et al. produced bioethanol from sewage sludge. High bioethanol yields (60 mL/L) were obtained at an incubation period of 10 days, the temperature of 30 °C and pH=6.5 with the yeast of 6% wt (fermentation catalyst) [4]. Bioethanol production from sewage sludge is a temperature sensitive process because the process has biological nature, and high temperatures are a stress factor for microorganisms. Also, the yeast is denatured and reduces the bioethanol yields (Figure 6a). The fermentation process is very sensitive to pH because the H⁺ in the fermentation media can change the charge of the plasma membrane resulting in low permeability of nutrients into the yeast cells (Figure 6b) [4].

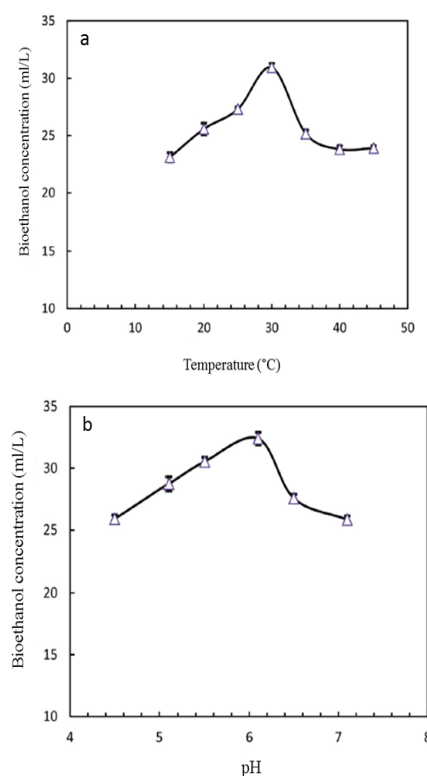


Figure 6. Effect of (a) temperature and (b) pH on bioethanol production [4].

Leather fleshing waste

Tanning Industry is a major source of pollution, and tannery wastewater is a potential environmental concern [40]. The leather industry uses skins as raw materials, which are the by-products of the meat and fleshing waste [41]. The waste generation from the tannery process is estimated over 6 million tons annually [42]. The leather fleshing waste generated from the tanneries causes environmental impacts, such as groundwater contamination, and odor problems. Even though methods, such as landfill disposal, thermal incineration, and anaerobic digestion are available, they again contribute to pollution and cause additional economic burden to the tanners [43].

Also, the methods of wastewater treatment, such as chemical coagulation, biodegradation, adsorption, and reverse osmosis causes high consumption of energy, the need for a large area of land, and high cost [44]. One way to recover the leather wastes is using them as feedstock in biodiesel production due to their rich fatty acid content (Table 4) [43, 45].

Table 4. Types of fatty acid from fleshing oil [46]

Fatty acid type	Carbon chain	%wt
Stearic	C18:0	0.12
Oleic	C18:1	3.29
Arasitic	C20:0	28.67
Eicosenoic	C20:1	7.72
Eicosatrienoic	C20:3	9.36
Dihomo-gamma-linolenic / Eicosatrienoic	C20:3 ($\omega 6$)	45.03

Krishnan et al. used tannery fleshing waste to produce methyl ester via transesterification. The highest methyl ester content (89 wt. %) was obtained in 3 hour reaction time at 65 °C and 1 wt. % of catalyst (NaOH) [5].

Dagne et al. used response surface to optimize the biodiesel production from leather fleshing waste. The results showed that the best situations for making biodiesel (96%) are catalyst amount of 1% w/w, reaction temperature of 60°C for 1 h. The temperatures in the range from 62 to 70°C caused evaporation of methanol and reduced the ester yield (saponification of the glycerides by alkaline catalyst).

The addition of a high amount of catalyst leads to the formation of an emulsion and the gels. These hinder the glycerol separation and reduced the ester yield [6]. Ramos et al. extracted animal fat from tannery fleshing waste [47]. The free fatty acid content in animal fats is within the range of 5–30%, making a pretreatment necessary (due to the formation of soap) (Figure 7) [48].

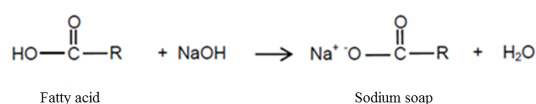


Figure 7. Saponification reaction of free fatty acids [47].

This pretreatment consists of esterification with methanol and sulfuric acid as catalysts (Figure 8) [47].

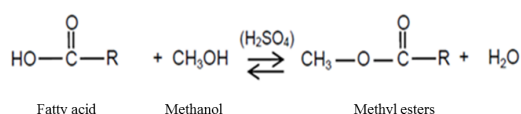


Figure 8. Esterification reaction of free fatty acids [47].

After this reaction, the treated fat can be transesterified with an alkali catalyst (KOH) to convert the triglycerides to methyl esters (94.2%) [47].

Conclusion

Due to the shortage of conventional fossil fuels, greenhouse gas emissions from the combustion engines, and environmental pollution, biofuel are used as a substitute for petroleum fuel. The annual production of textiles waste is increasing that causing an increasing concern regarding the impact of the disposal of waste on the environment. The conversion of waste to reusable products is gaining much importance in today's world. While waste textiles, comprise a synthetic polymer and cellulose fractions, are considered as a treat to environment, their cellulosic part has a high potential for biofuel production. Generally, textile waste like cotton wastes, sewage sludge, leather fleshing, etc., can potentially be used as sustainable feedstock for biofuels production due to availability and high amount of cellulose and fat. The production of biofuel from waste textile could be possible from different materials with and without pretreatment. The pretreatment helps to open up the structure of the material and makes easier for the microorganisms to degrade it. Thus, the use of wastes could be a viable, economically and environmentally alternative for the produce of energy.

References

- [1] Olkiewicz M. N. Production of biodiesel from sludge generated in municipal wastewater treatment plants. Ph.D thesis, Dept. chem. eng, Tarragona, 2015.
- [2] Atadashi I. M, Aroua M. K, Abdul Aziz A. R, Sulaiman N. M. N. Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2012; 16 (5): 3275–3285. doi:10.1016/j.rser.2012.02.063
- [3] Jeihanipour A, Aslanzadeh S, Rajendran K, Balasubramanian G, Taherzadeh M. J. High-rate biogas production from waste textiles using a two-stage process. *Renewable Energy* 2013; 52: 128-135. doi: 10.1016/j.renene.2012.10.042
- [4] Manyuchi M. M, Chiutsi P, Mbohwa C, Muzenda E, Mutusva T. Bio ethanol from sewage sludge: A bio fuel alternative. *South African Journal of Chemical Engineering* 2018; 25: 123-127. doi:10.1016/j.sajce.2018.04.003
- [5] Krishnan S. Wahid Z. A. Singh L. Sakinah M. Production of biodiesel using tannery fleshing as a feedstock: an investigation of feedstock pretreatment via solid-state fermentation. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* 2016; 11(11), 7354-7357.
- [6] Dagne H. Karthikeyan R. Feleke S. Waste to energy: response surface methodology for

- optimization of biodiesel production from leather fleshing waste. *Journal of Energy* 2019; 34: 1-20. doi:10.1155/2019/7329269
- [7] Shahi Z, Khajeh Mehrizi M. Biofuel Production Technologies, Comparing the Biofuels and Fossil Fuels. *Bioenergy Research: Revisiting Latest Development*, Springer Singapore, 2021, pp.1-27.
- [8] Mir Naiman A, Mazharuddin Khan M. Production of bioethanol fuel from renewable agrobased cellulosic wastes and waste news papers. *International Journal of Engineering Science and Technology* 2011; 3(2): pp. 884-893.
- [9] Taparia T, Mvss M, Mehrotra R, Shukla P, Mehrotra S. Developments and challenges in biodiesel production from microalgae: a review. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 2016; 63(5): pp. 715-726, doi: 10.1002/bab.1412
- [10] Fazal T, Mushtaq A, Rehman F, Ullah Khan A, Rashid N, Farooq W, Saif Ur Rehman M, Xu J. Bioremediation of textile wastewater and successive biodiesel production using microalgae", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018; 82(3): pp. 3107-3126, doi:10.1016/j.rser.2017.10.029
- [11] Rajendran K, Balasubramanian G. High rate biogas production from waste textiles. MSc Thesis, Uni. Borås, 2011.
- [12] Nunes L. J. R, Godina R, Matias J. C. O, Catalão J. P.S. Economic and environmental benefits of using textile waste for the production of thermal energy *Journal of Cleaner Production* 2018; 171: pp. 1353-1360, doi:10.1016/j.jclepro.2017.10.154
- [13] Hasanzadeh E, Mirmohamadsadeghi S, Karimi K. Enhancing energy production from waste textile by hydrolysis of synthetic parts. *Fuel* 2018; 218: pp. 41-48, doi: 10.1016/j.fuel.2018.01.035
- [14] Zheng N. Y, Lee M, Lin Y. L. Co-processing textile sludge and lignocellulose biowaste for biofuel production through microwave-assisted wet torrefaction. *Journal of Cleaner Production* 2020; 268: pp. 1-13, doi:10.1016/j.jclepro.2020.122200
- [15] Opwis K, Gutmann J. S. Generation of Biogas from Textile Waste Waters. *The Italian Association. chemical engineering transactions* 2021; 27: pp.103-108, doi: 10.3303/CET1227018
- [16] Jeihanipour A, Taherzadeh M. J. Ethanol production from cotton-based waste textiles. *Bioresource Technology* 2009; 100 (2): pp. 1007–1010, doi: 10.1016/j.biortech.2008.07.020
- [17] Ranjithkumar M, Ravikumar R, Sankar M. K, Kumar M. N, Thanabal V. An effective conversion of cotton waste biomass to ethanol: A critical review on pretreatment processes. *Waste and Biomass Valorization* 2017; 8 (1): pp. 57-68, doi:10.1007/s12649-016-9563-8
- [18] Das P. K, Das B P, Dash P. Potentials of postharvest rice crop residues as a source of biofuel. *Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts*, Elsevier, 2020, pp.275-301.
- [19] Raj C. S, Arul S, Sendilvelan S, Saravanan C. G. Bio Gas from textile cotton waste - an alternate fuel for diesel engines. *The Open Waste Management Journal* 2009; 2(1): pp. 1-5, doi:10.2174/1876400200902010001
- [20] Mahalakshmi M, Angayarkanni J, Rajendran R, Rajesh R. Bioconversion of cotton waste from textile mills to bioethanol by microbial saccharification and fermentation. *Annals of Biological Research* 2011; 2(3): pp.380-388.
- [21] Jaramillo I, Sanchez A. Identification of Mass Flow Dynamics in a Pretreatment Continuous Tubular Reactor. *Computer Aided Chemical Engineering* 2018; 43: pp. 151- 156, doi:10.1016/B978-0-444-64235-6.50028-0
- [22] Nikolić Poligenis S, Pejin J, Mojovic L. Challenges in bioethanol production: Utilization of cotton fabrics as a feedstock. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 2016; 22 (4): pp. 4375–390, doi:10.2298/CICEQ151030001N
- [23] Zhang W. H. P, Cui J, Lynd L. R, Kuang L. R. A transition from cellulose swelling to cellulose dissolution by o-Phosphoric Acid: evidence from enzymatic hydrolysis and supramolecular structure. *Biomacromolecules* 2006; 7(2): pp. 644-648, doi: 10.1021/bm050799c
- [24] Sahu Sh, Pramanik K. Evaluation and optimization of organic acid pretreatment of cotton gin waste for enzymatic hydrolysis and bioethanol production. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 2018; 186(4): pp. 1047-1060, doi: 10.1007/s12010-018-2790-7
- [25] Trevorah R. M. Othman M. Z. Alkali Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Australian Timber Mill Sawdust for Biofuel Production. *Journal of Renewable Energy* 2015; 4: pp. 1-10, doi:10.1155/2015/284250
- [26] Gholamzad E, Karimi K, Masoomi M. Effective conversion of waste polyester-cotton textile to ethanol and recovery of polyester by alkaline pretreatment. *Chemical Engineering Journal* 2014; 253: pp. 40-45, doi:10.1016/j.cej.2014.04.109
- [27] Megala S, Rekha B, Saravanathamizhan R. Chemical and non-chemical pre-treatment techniques for bio ethanol production from biomass. *International Journal of Energy and Water Resources* 2020; 4(4): pp. 199–204, doi: 10.1007/s42108-020-00064-7
- [28] Schnurer A. Biogas Production: Microbiology and Technology. *Advances in Biochemical Engineering / biotechnology* 2016; 156: pp. 195-234, doi:10.1007/10_2016_5
- [29] Maeda R. N, Serpa V. I, Rocha V. A.L, Mesquita R. A. A, Anna L. M. M. S, de Castro A. M, Driemeier C. E, Jr N. P, Polikarpov I. Enzymatic hydrolysis of pretreated sugar cane bagasse using *Penicillium funiculosum* and *Trichoderma harzianum* cellulases. *Process Biochemistry* 2011; 46 (5), pp. 1196-1201, doi: 10.1016/j.procbio.2011.01.022

- [30] Grobelak A, Jaskulak M. Sludge multifunctions in a phytobiome-Forest and plantation application including microbial aspect. *Industrial and Municipal Sludge*, Elsevier, 2019, pp. 323-336.
- [31] Easha N. J, Rahman M, Uddin M. Kh. Complete characterization of ETP sludge from textile industry; focusing the reuse potentiality as organic manure. *Jahangirnagar University Environmental Bulletin* 2015; 4: pp. 31-37.
- [32] Smolinski A, Karwot J, Bondaruk J, Bak A. The Bioconversion of sewage sludge to bio-fuel: the environmental and economic benefits. *Materials* 2019; 12(15): pp.1-9, doi: 10.3390/ma12152417.
- [33] Smolinski A, Howaniec N, Bak A. Utilization of energy crops and sewage sludge in the process of co-gasification for sustainable hydrogen production. *Energies* 2018; 11(4): pp. 1-8, doi:10.3390/en11040809
- [34] Gai Gh, Guo Y, Liu T, Peng N, Liu Zh. Hydrogen-rich gas production by steam gasification of hydrochar derived from sewage Sludge. *International Journal of Hydrogen Energy* 2016; 41(5): pp. 3363-3372, doi:10.1016/j.ijhydene.2015.12.188
- [35] Kumar P, Samuchiwal S, Malik A. Anaerobic digestion of textile industries wastes for biogas production. *Biomass Conversion and Biorefinery* 2020; 10: pp. 715–724,
- [36] Demirbas A. Biodiesel from municipal sewage sludge (MSS): Challenges and cost analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy* 2017; 12(4) pp. 351-357, doi:10.1080/15567249.2015.1135204
- [37] Lee J, Choi Oh. K, Oh D, Lee K, Park K. Y, Kim D. Stimulation of lipid extraction efficiency from sewage sludge for biodiesel production through hydrothermal pretreatment. *Energies* 2020; 13(23), pp.1-10, doi:10.3390/en13236392
- [38] Huan L, Yiyang J, Mahar R. B, Zhiyu W, Yongfeng N. Effects of ultrasonic disintegration on sludge microbial activity and dewaterability *Journal of Hazardous Materials* 2009; 161: pp. 1421–1426, doi:10.1016/j.jhazmat.2008.04.113
- [39] Bharathiraja B, Yogendran D, Ranjith Kumar R, Chakravarthy M, Palani S. Biofuels from sewage sludge- A review *International Journal of ChemTech Research* 2014; 6(9): pp. 4417-4427.
- [40] Saxena G, Bharagava R. N. Organic pollutants in tannery wastewater and bioremediation approaches for environmental safety. *Bioremediation of Industrial Pollutants, India*, 2016, pp.119-151.
- [41] Alptekin E, Canakci M, Sanli H. Evaluation of leather industry wastes as a feedstock for biodiesel production. *Fuel* 2021; 95: pp. 214-220, doi:10.1016/j.fuel.2011.08.055
- [42] Li Y, Guo R, Lu W, Zhu D. Research progress on resource utilization of leather solid waste. *Journal of Leather Science and Engineering* 2019; 1(1): pp.1-17, doi:10.1186/s42825-019-0008-6
- [43] Dagne H. Optimization and characterization of biodiesel production from leather industry fleshing wastes. *Thesis of Masters of Science in Environmental Engineering*, Addis Ababa University, Ethiopia, 2015.
- [44] Nagi M, He M, Li D, Gebreluel T, Cheng B, Wang Ch. Utilization of tannery wastewater for biofuel production: New insights on microalgae growth and biomass production. *Sci. Reports* 2020; 10(1530): p. 1-14, doi:10.1038/s41598-019-57120-4
- [45] Sandhya K. V, Abinandan S, Vedaraman N, Velappan K. C. Extraction of fleshing oil from waste limed fleshings and biodiesel Production. *Waste Management* 2016; 48: pp. 638-643, doi:10.1016/j.wasman.2015.09.033
- [46] Altun S, Yaşar F. Biodiesel production from leather industry wastes as an alternative feedstock and its use in diesel engines“*Energy exploration & exploitation* 2013; 31(5), pp. 759–770, doi:10.1260/0144-5987.31.5.759
- [47] Ramos L, Fernandes R, Ribeiro A. C, Ramalho E, Caetano N, Silva P. Biodiesel Production from Leather Industry Wastes. *Biodiesel Biowaste* 2008; pp. 1-6.
- [48] Reig F. T, Mora L, Toldrá F. Trends in biodiesel production from animal fat waste. *Applied Sciences* 2020; 10(10): pp. 1-17, 10.3390/app10103644

Electrospun Carbon Nanofiber Composites for Water Treatment

Abolfazl MAHMUDI¹, Mohammad KHAJEH MEHRIZI^{*2}, Mohammadali TAVANAELI³

¹. PhD. student, Textile Engineering Department, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran.

². Associate Professor, Textile Engineering Department, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran.

³. Associate Professor, Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

*Correspondence: mkhajeh@yazd.ac.ir

ORCIDs:

MAHMUDI, Abolfazl (0000-0002-7850-9777)

KHAJEH MEHRIZI, Mohammad (0000-0001-6339-7728)

TAVANAELI, Mohammadali (0000-0001-5134-9251)

Abstract: in this work, an electrospun carbon nanofiber-carbon nanotube (CNF-CNT) composite produced for water treatment. Synthesis variables including integration of multi-walled carbon nanotubes (CNTs) and stabilization temperature (250 and 280°C) were used to control nanofiber diameter and surface area. Composites were then evaluated using kinetic experiments with sulfamethoxazole (logK_{ow} = 0.89) and atrazine (logK_{ow} = 2.61), representative micropollutants chosen for their different polarities. Although CNFs alone were poor sorbents, integration of CNTs achieved uptake enhanced significantly. The optimal formulation (polyacrylonitrile 8 wt%, CNT 2 wt%; 40% relative humidity; 280°C stabilization) represents a compromise between strength and performance.

Key words: Water treatment, Carbon Nano fibres, Nano composite.

Introduction

Polyacrylonitrile (PAN) is commonly used in fabrication of electrospun carbon nanofiber (CNF) materials [1]. Electrospun CNF materials have been applied for a wide range of applications, ranging from electrodes in microbial fuel cells [2-4] to supports for photocatalytic nanoparticles [5]. Carbon nano fibres (CNFs) have been applied as dispersions for adsorption of organic pollutants such organic dyes, solvents and volatile organic compounds such as benzene [6-7]. However, application of such dispersions is limited by the practical considerations like potential for material release.

Application of CNFs composites has focused on energy applications such as supercapacitors and battery anodes rather than sorption of polar/polyfunctional organic micropollutants.

To improve CNF strength, several groups have evaluated the effect of embedding CNTs within the

nanofibers. Embedded CNTs are commonly utilized to improve both mechanical strength and electrical/thermal properties of polymeric nanofibers [8] For example, Singh et al. demonstrated that the inclusion of MWCNTs in their CNF filters improved initial removal of MCAA during flow-through treatment, the effect of MWCNTs on composite strength was not quantified [9]. It is also reported that MWCNTs have good adsorption performance for wastewater and aromatic structures (i.e. benzene, phenol, etc.) by degradation of dye structure through oxidation process [10]. Here, using electrospinning, we have produced CNF-CNT composites as, non-woven sorbents suitable for water treatment.

Materials and methods

All reagents were used as received. Polyacrylonitrile (PAN; MW 150,000, Aldrich), N,N-dimethylformamide (DMF; 99.85%, BDH Chemicals) and multi-wall carbon nanotubes (MWCNTs; 95+%, ash <1.5wt%, <8nm OD, 0.5-2.0 µm length, CheapTubes).

Sorption experiments were conducted either in 5 mM phosphate buffer (anhydrous potassium phosphate monobasic, KH₂PO₄; RPI; ACS grade) prepared from deionized water and pH-adjusted as needed with 5 M NaOH.

For CNF mats, 8 wt% PAN was dissolved in DMF by mixing at 60°C for 2 h at 1.65 g (HLC Cooling-Thermomixer MKR 13, DitaBis). For MWCNT-embedded CNF mats, non-functionalized MWCNTs (0.8, 1.6, or 2.0 wt% relative to total sol gel mass) were first dispersed in DMF via ultrasonication for 5 h, prior to dissolution of PAN in the MWCNT-DMF suspension. Electrospinning were done with a 12 mL plastic syringe and a 25G 1/2" needle. The needle tip was located at a distance of 10 cm from the surface of metal drum collector which was coated in Al foil and grounded. A positive 16 kV voltage was applied at the needle tip and the grounded collector was rotating at 500-rpm. Electrospinning was typically carried out for 5 h. After electrospinning, thermal oxidative stabilization was most often carried out for 2 h at 280°C (5°C/min ramp rate) in air. The mat was returned to room temperature prior to pyrolysis for 1

h at 1000°C in an N₂ atmosphere (5°C/min ramp rate).

The performance of CNT2 mats during simulated treatment was investigated in a gravity fed for removal of an influent containing a suite of 5 contaminants with a range of structures and polarities are shown in Figure 3.

Results

The morphology of electrospun nanofiber mats was investigated using a field- emission scanning electron microscope (SEM). Average fiber diameters were developed from measurement of 50-100 nanofibers in ImageJ software. Inclusion of CNTs decreased nanofiber diameter from 160 ($\pm$ 30) nm for CNF to 100 ($\pm$ 20) nm for CNT 2 composites (Figure 1).

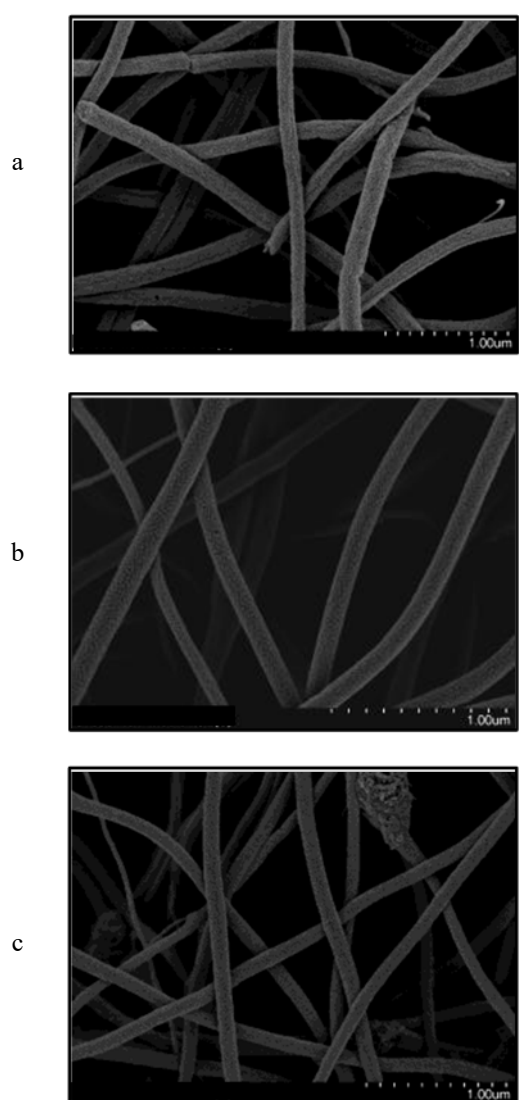


Figure 1. SEM images, for (a) unmodified CNF, (b) CNT 0.8 and (c) CNT 2

All batch experiments utilized a piece (~4 cm²) of nonwoven mat. Initial sorbent optimization was

conducted with atrazine (ATZ; logK_{ow} 2.61) and sulfamethoxazole (SMX; logK_{ow} 0.89) to identify the best sorbent material for species exhibiting a range of polarities. Equilibrium time were determined first via kinetic experiments. Kinetic experiments monitored the decrease in ATZ and SMX concentration over time in sorbent suspensions (0.5 g/L) at pH 7 (buffered by either 5 mM phosphate). Figure 2 shows results of sorption rate studies for nanofibers: unmodified (CNF) and CNT-embedded (CNT2).

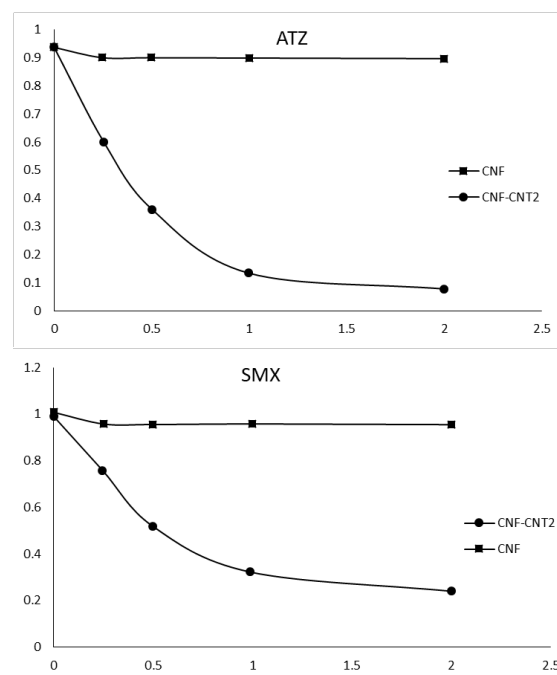


Figure 2 Change in (a) ATZ and (b) SMX concentration over time during sorption kinetic experiments with different nanofibers: CNF and CNT2

Unmodified CNFs were the poorest sorbents, showing <10% immediate uptake for both ATZ and SMX and no further sorption over the following 2 hours. For CNT2 limited (<5%) immediate uptake of ATZ and SMX was followed by considerable sorption over one hour before slowing as the sorbent presumably approached capacity.

In the simplified aquatic matrix, >95% removal was maintained after 3 L of operation for naproxen, bezafibrate, and gemfibrozil. The highest degree of removal was observed for the sulfa components (sulfadimethoxine (SDMX) and SMX), with >90% removal observed throughout for SDMX (logK_{ow} = 4.63) and complete breakthrough of SMX only after 3 L of effluent volume.

Combination treatment results support CNF-CNT composites targeting organic micropollutants via multiple sorption mechanisms (e.g., hydrophobic interactions and/or specific binding interactions), presumably occurring at different sites on the sorbent surface.

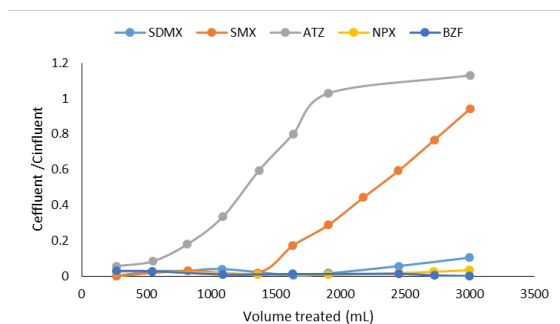


Figure 3. Breakthrough curves from flow-through experimental systems using a CNT2 filter.

Breakthrough curves are shown for a multi-contaminant treatment system, where influent contained each target compound at 5 µg/L and used a filter mass of 14 mg (1.5 mg/cm²).

Discussion

Nanocarbon sorbent fabricated via electrospinning represents a significant practical advance in water treatment. Relying on integrated CNTs for sorption capacity. The optimized CNF- CNT composite (CNT2) exhibited sorption kinetics much faster than those of commercial unmodified CNFs. Depending on solution complexity and the number of dissolved targets, relatively low masses can be used to treat large volumes under dynamic flow conditions (e.g., 14 mg for 2 L of treatment for SMX). In this study embedded CNTs serves as the primary active sorbent in these materials. CNF- CNT composites may represent a self-contained platform through which the unique reactivity of CNTs can be safely harnessed during water treatment while minimizing risk of their release into the finished supply.

References

Journal articles

- 1-Inagaki, M.; Yang, Y.; Kang, F. Carbon Nanofibers Prepared via Electrospinning. *Advanced Materials* 2012, 24 (19), 2547–2566.
- 2-Chen, S.; Hou, H.; Harnisch, F.; Patil, S. A.; Carmona-Martinez, A. A.; Agarwal, S.; Zhang, Y.; Sinha-Ray, S.; Yarin, A. L.; Greiner, A.; et al. Electrospun and solution blown three-dimensional carbon fiber nonwovens for application as electrodes in microbial fuel cells. *Energy and Environment Science* 2011, 4 (4), 1417.
- 3-Karra, U.; Manickam, S. S.; McCutcheon, J. R.; Patel, N.; Li, B. Power generation and organics removal from wastewater using activated carbon nanofiber (ACNF) microbial fuel cells (MFCs). *International Journal of Hydrogen Energy* 2013, 38 (3), 1588–1597.
- 4-Manickam, S. S.; Karra, U.; Huang, L.; Bui, N.-N.; Li, B.; McCutcheon, J. R. Activated carbon nanofiber anodes for microbial fuel cells. *Carbon* 2013, 53, 19–28.
- 5-Taha, A. A.; Hriez, A. A.; Wu, Y.; Wang, H.; Li, F. Direct synthesis of novel vanadium oxide

embedded porous carbon nanofiber decorated with iron nanoparticles as a low-cost and highly efficient visible-light-driven photocatalyst. *Journal of Colloid Interface Science*. 2014, 417, 199–205.

6-Shim, W. G.; Kim, C.; Lee, J. W.; Yun, J. J.; Jeong, Y. I.; Moon, H.; Yang, K. S. Adsorption characteristics of benzene on electrospun-derived porous carbon nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science* 2006, 102 (3), 2454–2462.

7-Cuervo, M. R.; Asedegbega-Nieto, E.; Díaz, E.; Vega, A.; Ordóñez, S.; Castillejos- López, E.; Rodríguez-Ramos, I. Effect of carbon nanofiber functionalization on the adsorption properties of volatile organic compounds. *Journal of Chromatography A* 2008, 1188 (2), 264–273.

8-Chen, D.; Liu, T.; Zhou, X.; Tjiu, W. C.; Hou, H. Electrospinning Fabrication of High Strength and Toughness Polyimide Nanofiber Membranes Containing Multiwalled Carbon Nanotubes. *Journal of Physical Chemistry B* 2009, 113 (29), 9741–9748.

9-Singh, G.; Rana, D.; Matsuura, T.; Ramakrishna, S.; Narbaitz, R. M.; Tabe, S. Removal of disinfection byproducts from water by carbonized electrospun nanofibrous membranes. *Separation and Purification Technology*. 2010, 74 (2), 202–212.

10-Khajeh Mehrizi, M.; A. Mahmudi.; Decoloration of Disperse blue 56 by Using of UV/H₂O₂/MWCNT's. *Progress in Color, Colorants and Coatings* 8, no. 2 (2015): 123-133.

Anionic Dye Removal using Polypropylene Nonwoven Functionalized by Chitosan, TiO₂, and Ag Nanoparticles

HAJI; Aminoddin*, HADIZADEH; Mohsen, FERDOSI; Masoumeh

Textile Engineering Department, Yazd University, Yazd, Iran

ahaji@yazd.ac.ir

* HAJI, Aminoddin (ORCID: 0000-0001-6318-1273)

SUMMARY

In this study, Polypropylene nonwoven was coated with chitosan after being activated by oxygen/argon low-pressure plasma. The chitosan-treated sample (PP-Ch) was coated with TiO₂ nanoparticles by a pad-dry method. Silver nanoparticles were in-situ synthesized on the Chitosan-TiO₂-coated sample by a chemical reduction method. The chemistry and morphology of each of the above-mentioned samples were evaluated by ATR-FTIR and FESEM, respectively. The ability of each sample for the removal of C.I. Acid Brown 248 from aqueous media was evaluated. The PP-Ch sample removed 90% of the dye at pH=3. Coating PP-Ch sample with TiO₂ and Silver nanoparticles improved the dye removal efficiency under UV irradiation.

New Generation Sustainable Fibers For Clothing Industry

KICIK, Hülya¹, GÖKBULUT, Çağla²

^{1,2}Elyaf Tekstil Sanayi ve Tic. A.Ş.

hulya.kicik@elyaf.com

ABSTRACT

Sustainability in the textile industry is very important from the raw material to the final product. Sustainable products can be proved with the renewable raw materials used, ecological production method, transparency of the supply chain, post-production recycling possibilities and biodegradability. In the scope of this study, sustainable virgin fibers obtained from renewable resources and sustainable recycled fibers produced using different recycling methods were mentioned. All fibers mentioned are suitable for clothing industry. Raw materials, production techniques, recycling methods and recycling waste sources of these selected novel fibers are examined.

OBJECTIVES

This study is conducted to find novel sustainable yarn alternatives in the textile market especially suitable for garments such as blouses, dresses, shirts etc. In this context, information about alternatives to the raw materials used in the production of clothing fabrics, innovative and more sustainable fibers are given.

INTRODUCTION

The sustainable concept in the textile industry becomes even more important every passing day [70]. So textile manufacturers work to protect the environment by producing eco-friendly and sustainable products [12]. Sustainability is important in all processes from raw material to final product such as fiber, yarn and fabric production, chemicals used in production, transportation of products, environmental effects after use, recycling, and disposal [57]. In order to ensure sustainability in the textile sector, raw material and auxiliary chemicals used in fiber and fabric production should be produced from natural materials.

- KICIK, Hülya (0000-0002-9438-5938)
- GÖKBULUT, Çağla (0000-0002-8079-5792)

Besides sustainability can be supported by fiber production from recycled products and developing new production methods which do not cause pollution [8][59]. Figure 1 shows the report published by Textile Exchange on the fiber market in 2019. According to this report, global fiber production in 2019 is approximately 111 million meters and it has doubled in the last 20 years. If it continues like this, it is estimated that it will

increase by 30% in 2030 and reach 146 million meters. The most demanded fiber in 2019 is polyester with a rate of 52%. In all polyester production, there is 14% recycled polyester and 1% biobased polyester. Cotton fiber is in the second with 23% after polyester fiber. 25% of cotton fiber was chosen from more sustainable ones such as BCI, Clear Cotton, Cotton made in Africa. Regenerated cellulose fibers are in third place in the market with 6,4% and approximately 40-50% of these fibers are produced from FSC or PEFC certified sources. The sustainability goals of world-famous brands show that there will be an increase in the sustainable fiber market over the years [1].

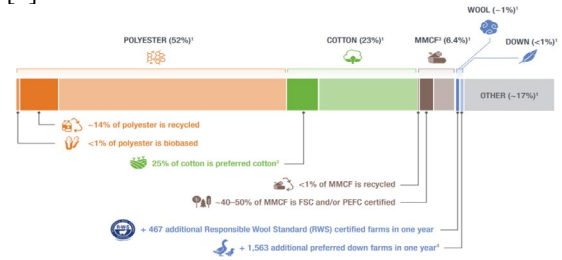


Figure 1. Proportions of fibers produced worldwide in 2019 [1]

Both synthetic and natural fibers are harmful to the environment and people in different ways. During the production of natural fibers, excessive irrigation, pesticides and synthetic fertilizers are used. Synthetic fibers are not biodegradable and petroleum-based raw materials are used in their production [55].

Advancing technology such as digital printing, laser processing and enzyme processing; biodegradable, recyclable advanced materials and environmentally friendly production techniques provide sustainable textile production.

The fashion brands are using materials derived from natural resources, recycled materials, and the new innovative materials to achieve sustainability [65].

VIRGIN FIBERS

Cellulosic Virgin Fibers

Orange Fiber

Today, potentially renewable, biodegradable materials can be obtained by converting agricultural wastes and other organic wastes into textile materials [5]. On this subject, the company named Orange Fiber uses the by-products of the citrus juice industry to produce sustainable fabrics.

Lenzing Group has partnered with Orange Fiber to produce the first-ever TENCEL™ Limited Edition branded lyocell fiber made of orange and wood pulp. The patented pulp production method Orange Fiber uses has a completely traceable and transparent supply chain [27].

SeaCell™

SmartFiber AG company developed SeaCell™, a fiber produced from renewable resources seaweed, as a result of their research on environmentally friendly production [16].

SeaCell™ fiber is produced by mixing cellulose obtained from sustainably managed forests with 8-10% seaweed and it is biodegradable. This fiber is considered a new material for the textile industry and its importance is increasing day by day [74][14]. Cellulose is dissolved in the non-toxic aqueous solvent N-methylmorpholine-N-oxide in its manufacture. Then granulated seaweed from brown, red, green and blue algae families is added as a powder or suspension to the cellulose solution to produce SeaCell™ fibers [13]. Harvest of the seaweed used in its production has a sustainable process, as renewable parts of the algae are used [16].

Production is carried out in a closed loop and energy and resource-saving methods are used in production. Seaweed is put into the fiber structure during fiber production. In this case, the fabric properties gained from seaweed are permanent even after several washes. Seaweed increases the moisture level of the skin and also it is rich in essential substances such as vitamins and minerals. Seacell™ combines easily with any other fiber and it can be used in the fields of sportswear, underwear, home textiles [16].

In a study with SeaCell™, the spinning performance of SeaCell Active/Cotton blended rotor yarns and the antibacterial activities of fabrics produced from these blends were investigated. As a result of antibacterial tests, it has been seen that good antibacterial activity can be achieved after a few washes even with 3% SeaCell Active fibers on fabrics [71].

Comfort is also important in textile products besides sustainability. Therefore, in an article, knitted fabrics with different structures were produced from Seacell™ and elastane yarns for active sportswear. The thermal, air and water vapour permeability properties of these fabrics were examined and found that SeaCell™ can be preferable for active sportswear [66].

Spinnova®

Spinnova® company has aimed to produce fiber that is least harmful to the environment and to sell them competitive prices in the textile industry. Spinnova®, as a sustainable fiber, has low emission values and production is carried out with zero-waste. It is totally

natural. Its raw material is supplied only from FSC and/or PEFC certified forests. It only mechanically refines the cellulose raw material using the developed technology and it converts to ready-to spin fiber without harmful chemicals [30]. Spinnova® also has a patent for spinning technology. This technology is applied for converting cellulose into textile fibers [56].

Besides, Spinnova® is recyclable. Thus, products taken back from consumers can be put into production without going through another process. The quality of the recycled fiber is not poor [30].

Naturally Colored Cotton

Almost all of the cotton fibers produced in the world are white. But some kinds of cotton have various shades of green and brown, unlike white. Cotton fiber color's is an inherited characteristic [11]. Naturally colored cotton including natural pigments has been grown for centuries [9]. There is also brown cotton in shades of pink and purple in historical documents [7]. Using naturally colored cotton grown in brown and green tones in textiles eliminates both the cost of dyeing and the environmental effects of dyeing since it does not need to be dyed. Despite the economic and ecological benefits from eliminating the dyeing process, its use in the textile industry is not common. This is because it is considered to be of low quality [61].

It has been observed that the quality of naturally colored cotton varies significantly depending on the fiber source in studies. In the evaluation, there is some poor quality colored cotton, but it has been seen that there are colored cotton varieties similar to the quality of the white cotton commonly used in the world [61]. In a study conducted in Peru, the chemical and physical properties of different types of naturally colored cotton fibers were investigated. Besides, cotton fibers were characterized by FTIR analysis. When the result are examined, it was concluded that the color intensity of cotton affected some physicochemical properties. Darker cotton samples compared to white and lighter colored cotton samples showed different chemical compositions (nitrogen presence), lower crystallinity and lower fiber lengths. As a result, lighter-colored cotton fibers exhibit physicochemical properties close to white cotton fibers; therefore it has been seen that it can be used for the production of good quality ecological textiles [7].

Synthetic Virgin Fibers

AlgiKnit

AlgiKnit company is a biomaterial company established by designers to develop new textile production methods. The company aimed to produce

environmentally friendly, renewable yarn for the circular economy [33].

AlgiKnit produces compostable yarn that can be converted from seaweed into wearable textiles. Alginate obtained from Kelp seaweed is combined with different renewable biopolymers to produce a yarn that will be used in textile products [68].

It is thought that the durable and biodegradable yarn obtained from seaweed can replace common materials such as petroleum-based polyester and nylon [44].

Cornleaf®

RadiciGroup has a product group called green products. In this group, there are 100% natural materials produced from renewable plant sources. One of them is Corfleaf®. Cornleaf® fiber is produced from polylactic acid (PLA) polymers in the brand called Ingeo [29].

Cornleaf® is a yarn produced from corn and contains the advantages of both natural and synthetic fibers. Thanks to the solution dyeing technology integrated into the spinning process, it requires lower water and energy consumption than the traditional dyeing and finishing process [50].

Cornleaf® yarn has antimicrobial properties due to the silver ions in the fiber. It is biodegradable. It supports fast drying compared to natural fibers. It has a similar strength to synthetic yarn [50].

Owing to the structure and properties of the yarn, it can be used in underwear and shirts, curtains, shopping bags, automobile interiors [53].

Polyhydroxyalkanoate (PHA)

In general, bioplastics refer to synthetic or biopolymers that are biodegradable in nature. The studies in recent years, good results have been obtained with polylactic acid (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHA). It is thought that these two bioplastics can replace polyester and polyamide which are the most used in the textile industry [4].

Polyhydroxyalkanoate (PHA) are sustainable biopolymers that can be used as a good alternative to synthetic plastics. PHA has high recyclability, small pore size and high volume/surface ratio. It is biodegradable. Due to its features such as easy processing and resistance to UV rays, its use has become widespread recently [69].

PHA's are good examples of bacterial polyester. Most of the biopolymers are synthesized in bacteria as intracellular carbon and energy storage granules [3].

PHA's has similar properties to conventional plastics [58]. Produced from fully renewable resources, rapidly biodegradable, good strength and hardness properties are other advantages of PHA's. However, its disadvantages are the difficulty in processing and high cost due to thermal degradability and brittleness [10].

Mango Materials is a company that produces polyhydroxybutyrate (PHB), a type of PHA. Fermentation technology of Mango Materials produces a biopolymer from naturally occurring waste biogas (methane). Since methane is used as a raw material in its production, it is low cost and at the same time, the production is carried out in a closed loop [48].

Amni Soul Eco®

Amni Soul Eco® has emerged as a result of the research of the Rhodia-Solvay group. It is a polyamide 6.6 fiber that allows clothes to break down quickly when they are thrown away and left in landfills. Compared to conventional synthetic fibers that take more than a decade to biodegrade, Amni Soul Eco® takes about three years to disappear from the planet. In this way, it reduces environmental impact and provides a better world for future generations. The fibers produced with Amni Soul Eco® are among the new generation sustainable yarns. Within the scope of sustainability, reusing the water used in its production process and reducing the greenhouse gases that are treated before they are released into the environment, thus protecting the ozone layer and nature [38].

The biodegradation properties of Amni Soul Eco® become apparent only and exclusively under landfill conditions, where there is no oxygen and bacteria specifically in charge of anaerobic decomposition are found. Therefore it does not decompose after standard use and this product's lifecycle is the same as that of traditional polyamide yarns [38].

EVO®

The global production capacity for bio-based polyamide yarns, which can reduce dependence on petroleum by using biomass, is estimated to be around 0,24 million tons [72]. Fulgar company that is among those who carry out this production has developed a bio-based yarn branded EVO®. The completely renewable biomass source of the produced yarn is obtained from the castor oil plant called *Ricinus Communis* [39].

EVO® provides maximum comfort and good performance as well as its high environmental awareness [41]. Compared to conventional polyamide, it dries faster and has a higher modulus of elasticity. Apart from these mechanical properties, it has an odor control feature that controls odors and prevents the formation of new odors, and a thermal insulation feature that protects its users from any change in external temperature [39].

The yarn obtained from the castor oil plant has physical properties such as lightness, flexibility and breathability. In this way, it is a suitable yarn for all

clothing types as well as sportswear. Besides, EVO® branded knitted clothes of Cifra, an Italian sportswear company, were offered for sale in 2018 [6]. Cifra used bio-based EVO® by Fulgar yarn and LYCRA elastic fiber to provide maximum comfort, the best performance for the collection shown in Figure 2 [41].



Figure 2. Examples from capsule collection by Cifra made with EVO® Yarn by Fulgar [41]

The “Deterra® Jacket” product, developed by the Swedish clothing brand Tierra, is a technical outdoor product produced using 100% bio-based material. EVO® yarn developed by Fulgar was used as a bio-based material in its production [63]. Deterra® Jacket can be seen in Figure 3.



Figure 3. Deterra® Jacket: Tierra's first 100% bio-based jacket [42]

Microsilk™

In some cases, bio-based silk materials can replace traditional synthetic polymers, therefore they can contribute to sustainable, green Production and circular economy. Microsilk™ is one of the yarns in which the recombinant production of high-quality silk proteins on a large scale has been developed [67].

In the Microsilk™ production process, silk proteins spun by spiders are studied, then protein is being developed using bioengineering to insert genes into yeast. Protein is produced in large quantities by the fermentation process using yeast, sugar and water [17]. Since the raw material used in production is sugar plants used by yeast that is a renewable raw material, it causes less harm to the environment [62].

Bolt Threads company started to study silk proteins secreted by spiders to determine how properties such as high tensile strength, elasticity, durability and softness are imparted to silk. Then they developed technology to repeat this process on a large scale with sustainable production methods [18].

With the developed technology, proteins are made without using spiders, so there is no spider in the process. The research was carried out on real spider silk. Protein-based Microsilk™ is biodegradable unlike polyester and other synthetic fibers [17].

RECYCLED FIBERS

Cellulosic Recycled Fibers

Infinna™

Infinite Fiber Company (IFC) uses new methods to produce fiber from used textile, cardboard and agricultural waste [2]. This recycled new fiber can replace cotton, viscose and many other fibers [15]. It has been given the name means “Endless Fiber”, because it can be recycled again and again without losing its quality [2].

Thanks to its patented technologies, cellulose-rich wastes to be disposed of are taken and converted into good quality fibers for the textile industry. In the production process, firstly textile waste is collected, divided by type, materials such as buttons and zippers are removed and then the disintegration step is started. After the cellulose fibers are separated from fibers such as polyester and elastane, the carbamation process is continued. This is the process of activating cellulose fibers with urea and producing cellulose carbamate powder. Cellulose carbamate powder is converted to a liquid and fiber filaments are formed by the wet spinning method. Fiber filaments are cut, washed and dried. Finally, cellulose carbamate staple fibers are offered for sale under the name Infinna™. When urea reacts with cellulose, it impacts softness, high dye uptake and naturally antimicrobial properties to the new fiber [23].

Agraloop™ Biofibre™

Circular Systems is a company that provides systemic solutions to transform textile industry waste into valuable fiber, yarn and fabric [19]. Known as Agraloop™ Biofibre™, the product is produced using plant stems and leaves using existing spinning methods. High quality knitted or woven fabrics for clothing can be produced by using these yarns that have natural fiber performance properties [20].

Texloop™

Texloop™, another trademark of Circular Systems, is produced by recycling pre-consumer and post-consumer textile waste [19].

When the production process is examined, first of all, wastes are collected and foreign materials such as buttons and zippers separated. Mechanical recycling is carried out by smashing the separated wastes. Then, knitted and woven fabrics are produced from yarns spun by existing spinning processes. Since it is a cyclical production method, wastes both during

production and after the consumer are collected and sent to the first stage.

Different quality yarns can be produced by mixing Texloop™ yarn with yarns such as organic cotton. Environmentally, it uses 98% less water, 33% less CO₂ emissions and 20% less energy compared to traditional cotton production. Texloop™ is not just a production method designed for cotton. Texloop™ recycling systems are designed to manage a variety of waste, including natural fibers, synthetic fibers and blends [22].

Orbital™ Hybrid

Orbital™ Hybrid is another yarn produced by Circular Systems. High performance and quality yarns rich in natural fibers are produced by using organic and recycled fibers with Orbital spinning technology. Yarns produced with this technology have fast-drying properties, high pilling resistance and eliminate the need for chemical finishing. This technology also creates high-performance yarns by mixing with recycled polyester or cellulosic filaments such as Naia™ and TENCEL Luxe™ [21].

Liva Reviva

Liva Reviva viscose fiber of Birla company is produced from 80% FSC certified wood pulp and 20% pre-consumption cotton fabric waste and supply chain traceability is ensured with the RCS (Recycled Claim Standard) certificate [54].

Renewcell

Circulose® is wood pulp made from pre-consumer and post-consumer cellulosic textile material [43]. Fibers produced using this wood pulp are offered for sale under the Renewcell brand. Under the brand of Renewcell, it can be produced yarns in various compositions mixed with different cellulosic and synthetic yarns [24].

Recover™

Circularity is ensured by converting textile wastes back into fibers. Recover™, which uses textile waste as a raw material source, prevents throwing away the wastes in landfills or burning them. Less new raw materials are needed, thereby CO₂ emissions are reduced by using less water, chemicals and energy [51].

There are high-quality dyed fiber types in two different categories, RCotton and RColorBlend within Recover™. There are three different brands under the RCotton brand. These are RPure, RMix and RDenim. RPure branded product is 100% Recover™ recycled cotton fiber. RMix is a recycled cotton fiber containing 10% different fibers. RDenim is a cotton fiber made from recycled denim garments with 10% different fiber content.

There are RBlue and REarth under the RColorBlend brand in the other category. RBlue is a blend of recycled cotton and recycled polyester. On the other hand, REarth is an OCS certified fiber made from a blend of recycled cotton and organic cotton [52].

Bornewa

Fabric scraps that occurred during the production of textiles and apparel are collected for Bornewa fibers Production by Else Tekstil. The collected wastes are separated according to their content, color and type. Therefore, recycled colored fiber and yarn are produced [36]. Recycled cotton is mixed with acrylic or polyester in different proportions to produce yarns in different numbers [55][36].

Naia™ Renew

Eastman company produced Naia™ Renew cellulose fiber for increasing demands of consumers for sustainable fiber. The Naia™ Renew structure contains 60% sustainably sourced wood pulp and 40% recycled waste plastic [25]. Cellulose acetate granules are produced by using acetic acid obtained from recycled plastic materials and wood pulp [26]. The production process takes place in a closed loop. Thereby, the chemicals used during production are reused. It is traceable and provides a reduced carbon footprint throughout its lifecycle. Besides, it has a certificate that shows it is biodegradable and compostable [25].

Synthetic Recycled Fibers

Q-NOVA®

Q-NOVA® is an environmentally friendly polyamide 6.6 fiber developed by Fulgar [49].

Most of the Q-NOVA® fiber consists of yarn waste from the yarn production cycle and is traceable. Waste is mechanically recycled and brought back into polymer form [40].

More than 50% of the fiber consists of recycled material. It is certified by the Global Recycle Standard (GRS) system, the European ECOLABEL EU system and the OEKO-TEX STD 100 CLASS I system [37]. In Q-NOVA® production, CO₂ emissions are reduced and less water and energy are used [49].

ECONYL®

Aquafil is an Italian fiber manufacturer and has developed ECONYL® regenerated polyamide 6 to help reduce environmental pollution caused by polyamide wastes [64]. 50% of this fiber produced using chemical recycling methods is post-consumer waste such as discarded fishing nets and old carpet, while the other half is pre-consumer waste [35]. Supply chain transparency is ensured with the GRS certificate.

ECONYL® has a patented regeneration process and is infinitely recycled. After Aquafil started to produce ECONYL®, it has determined that greenhouse gas emissions have decreased by 80% as a result of its life cycle assessment [60].

MIPAN ReGen

MIPAN ReGen by Hyosung is a recycled polyamide produced by recycling pre-consumer waste. At the same time, it is an environmentally friendly product with the Global Recycled Standard (GRS) certificate of Control Union [45].

Renu

Renu is a product that used pre-consumer and post-consumer polyester wastes aiming to realize a circular economy and in this way, it contributes to reducing the use of oil and other fossil resources. There are separation and polymerization steps for used waste fibers to transform into good quality products in the chemical recycling method. The transparency of the supply chain is ensured by the GRS certificate [28].

ReGen

ReGen branded yarn of Hyosung Company is made from 100% recycled materials derived from post-consumer PET bottle wastes. It reduces energy consumption during production and does not use oil resources. Waste PET bottles are ground, flaked and decolorized. Decolorized pellets are refined and the polyester raw material is produced. After the spinning process, the raw materials are turned into polyester yarns and finally into ReGen branded products [646].

REPREVE® Our Ocean®

REPREVE®, developed by UNIFI company, is a recycled yarn produced by mechanical methods from post-consumer plastic bottles and pre-consumer waste. UNIFI works with recycling facilities to supply bottles [31].

REPREVE® Our Ocean® is especially obtained from plastic bottles collected from coastal areas close to the water with a high risk of going to the ocean. Thus, it helps to prevent ocean pollution [32].

ROICA™

ROICA™ branded elastane yarn is produced by Asahi Kasei and reduces the environmental impact at every stage, from raw material selection to the production process and the sale of the yarn. All cooling water, materials, and equipment used during its production are recycled and reused at a rate of 99%. In addition to all these advantages, air pollution is also prevented [34].

EcoMade

LYCRA® EcoMade fiber is GRS certificated elastane produced from 20% pre-consumer LYCRA® waste. It helps to supply sustainable denim products for consumers by using recycled materials [47].

CONCLUSION

Due to the decrease in resources in the world, it has become necessary to develop bio-based materials with low environmental loads [67]. As a result, the demand for bio-based products in the textile industry is expected to increase day by day. Fiber companies keep studying on this area. In the cellulosic virgin fibers category, Seacell™ and naturally colored cotton are commercially available, while companies such as Orange Fiber and Spinnova® are trying to produce commercial-scale production.

In order to make synthetic virgin fibers more sustainable, bio-based and biodegradable raw material alternatives are tried to use in fiber production. While PLA, EVO®, Amnisoul Eco® are commercially available, Algiknit, PHB, Mikrosilk™ are not ready for commercial sale yet.

The textile industry creates large amounts of waste with high recycling potential at different stages. For this reason, the recycling of textile waste is very important [73]. Some of the cellulosic recycled yarns are already colored, some of them are the ecru form that can be dyed if desired. Colored recycled yarns are Recover™ and Bornewa. Infinna™, Agraloop™, Texloop™, Orbital™, Liva Reviva, Naia™ Renew are available as dyeable ecru colors.

In recycled polyester category ReGen, Repreve® Our Ocean®, RENU and in recycled polyamide category Econyl®, Qnova® and Mipan Regen are available commercially. In the recycled elastane category, there are Roica™ and Ecomade branded products.

It is thought that these yarns will be used even more in final products in next years. Studies are continuing to develop different recycling possibilities and find renewable raw material alternatives.

REFERENCES

1. “2019 Preferred Fiber & Materials Report, Textile Exchange – Creating Material Change”. https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/11/Textile-Exchange_Prefered-Fiber-Material-Market-Report_2019.pdf Son erişim tarihi: 19 Ağustos 2021.
2. AATCC Review. 2019. “Sustainability, Slow Fashion, and the Circular Economy—is it the Next Great Opportunity” 19(6), 22-29.
3. Abdellatif, F. H. H., Abdellatif, M. M. 2021. Utilization of Sustainable Biopolymers in Textile Processing Green Chemistry for Sustainable Textiles. Newark.

4. Al Rumon, M. A. 2020. "Comparative Analysis of Bioplastic And Synthetic Plastic Used in Textile Industry", Edinburgh Napier University.
5. Aishwariya S., Amsamani S. 2018. "Exploring the Potentialities and Future of Biomass Briquettes Technology for Sustainable Energy", *Innov Energy Res.*, 7 (4).
6. Baydemir, A., Er Bıyıklı, N. 2021. "Biyotekstillerin Yenilikçi Malzeme Olarak Hazır Giyim Endüstrisinde Kullanımı", *Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, 14 (27), 606-63.
7. Blas-Sevillano, R. H., Veramendi, T., La Torre, B., Velezmoro-Sanchez, C. E., Oliva, A. I., Mena-Matinez, M. E., Herrera-Kao, W. A., Uribe-Calderon, J., Cervantes-Uc, J. M. 2018. "Physicochemical Characterization of Several Types of Naturally Colored Cotton Fibers From Peru", *Carbohydrate Polymers*, 197, 246-252.
8. Can, Ö., Ayvaz, K. M. 2017. "Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik", *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (1), 110-119.
9. Chen, H. L., Yokochi, A. 2000. "X-ray Diffractometric Study of Microcrystallite Size of Naturally Colored Cottons", *Journal of Applied Polymer Science*, 76, 1466-1471.
10. Choudhury, A. K. R. 2017. "Sustainable Chemical Technologies for Textile Production", *Sustainable Fibres and Textiles*
11. De Calvalho, L. P., Correia Farias, F. J., De Andrade Lima, M. M., Da Silva Rodrigues, J. I. 2014. "Inheritance of different fiber colors in cotton (*Gossypium barbadense* L.)", *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14, 256-260.
12. Gardetti, M.A., Torres, A.L. 2013. "Entrepreneurship, Innovation and Luxury:The Any Savoirs Des Peuple Case", *J. Corp. Citizensh*, 52, 55-75.
13. Gültekin, B. C. 2016. "Bleaching of SeaCell® Active Fabrics with Hydrogen Peroxide", *Fibers and Polymers*, 17(8), 1175-1180.
14. Gültekin, B. C., Akalın, M., Yükseloğlu, S. M. 2013. "The Study of Flame Retardancy and Thermal Properties of Seacell® Fabrics", *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 23 (2), 107-112.
15. Hokkanen, M., 2020. "Environmental Impacts of Recycling-Based Cellulose Carbamate Fiber", *Lappeenranta-Lahti University of Technology Lut, School of Energy Systems, Department of Environmental Technology, Sustainability Science and Solutions, Master's thesis*.
16. <https://algaefoundationatec.org/aces/library/The%20Power%20of%20Seaweed%20in%20a%20Fiber.pdf>
Son erişim tarihi: 2 Ağustos 2021.
17. <https://boltthreads.com/technology/microsilksilk/>
Son erişim tarihi: 4 Ekim 2021.
18. <https://cfda.com/resources/materials/detail/microsilksilk-from-bolt-threads>
Son erişim tarihi: 13 Eylül 2021.
19. <https://circularsystems.com/about>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
20. <https://circularsystems.com/agraloop>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
21. <https://circularsystems.com/orbital>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
22. <https://circularsystems.com/texloop#what-is-texloop>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
23. <https://infinitedfiber.com/our-technology/>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.
24. <http://kipastextiles.com/wp-content/uploads/2021/05/RENEWCELL-WEBSITE.pdf>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.
25. <https://naia.eastman.com/renew>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.
26. <https://naia.eastman.com/sites/naia/files/documents/Naiia-Renew-Process-Infographic.pdf>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.
27. <https://orangefiber.it/>
Son erişim tarihi: 25 Temmuz 2021.
28. <https://renu-project.com/en/renu-material>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.
29. <https://risnews.com/radicigroup-debuts-green-cornleaf-yarn>
Son erişim tarihi: 26 Temmuz 2021.
30. <https://spinnova.com/>
Son erişim tarihi: 14 Eylül 2021.
31. <https://unifi.com/repreve>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.
32. <https://unifi.com/products/repreve>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.
33. <https://www.algiknit.com/>
Son erişim tarihi: 26 Temmuz 2021.
34. <https://www.asahi-kasei.co.jp/fibers/en/roica/sustainability/index.html>
Son erişim tarihi: 4 Ekim 2021.
35. <https://www.econyl.com/>
Son erişim tarihi: 27 Eylül 2021.
36. <https://www.else.com.tr/en-US/else-textile/422775>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.
37. <https://www.fulgar.com/eng/insights/recycled-nylon-q-nova-by-fulgar>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.
38. <https://www.fulgar.com/eng/products/amni-soul-eco>
Son erişim tarihi: 13 Eylül 2021.
39. <https://www.fulgar.com/eng/products/evo>
Son erişim tarihi: 11 Ekim 2021.
40. <https://www.fulgar.com/eng/products/q-nova>
Son erişim tarihi: 06 Eylül 2021.

41. <https://www.fulgar.com/eng/tabloid/a-new-cutting-edge-capsule-collection-by-cifra-entirely-made-with-wks%E2%84%A2-technology-and-with-evo-yarn-by-fulgar>
Son erişim tarihi: 11 Ekim 2021.

42. <https://www.fulgar.com/eng/tabloid/deterra-jacket-tierra-s-first-100-bio-based-jacket>
Son erişim tarihi: 12 Ekim 2021.

43. <https://www.globalfashionagenda.com/innovator/newcell/#>
Son erişim tarihi: 14 Ekim 2021.

44. <https://www.greenqueen.com.hk/algiknit-bags-us2-4m-in-li-ka-shing-backed-round-to-bring-algae-bio-yarns-to-market>
Son erişim tarihi: 26 Temmuz 2021.

45. <http://www.hyosungtn.com/en/fiber/nylon.do>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.

46. <http://www.hyosungtn.com/en/fiber/polyester.do>
Son erişim tarihi: 29 Eylül 2021.

47. <https://www.lycra.com/en/business/search-technologies/lycra-ecomade-fiber>
Son erişim tarihi: 4 Ekim 2021.

48. <https://www.mangomaterials.com/innovation/>
Son erişim tarihi: 13 Eylül 2021.

49. <https://www.panaprium.com/blogs/i/q-nova>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021

50. <https://www.radicigroup.com/en/products/fibres-and-nw/poy-starlight/biopolymer-cornleaf>
Son erişim tarihi: 9 Eylül 2021

51. <https://www.recovertext.com/>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.

52. <https://www.recovertext.com/products/>
Son erişim tarihi: 6 Eylül 2021.

53. <https://www.somteks.com/cornleaf/>
Son erişim tarihi: 9 Eylül 2021.

54. <https://www.yarnsandfibers.com/news/textile-news/birlas-liva-reviva-project-wins-award-by-un-global-compact-network-india/>
Son erişim tarihi: 15 Ekim 2021.

55. Islam, D., Ahmed, S., Azady, A. R. 2021. "Fundamentals of Natural Fibers and Textiles", Woodhead Publishing, Bangladeş.

56. Karp, S. G., Sydney, E. B., Woiciechowski, A. L., Letti, A. J., Carvalho, J. C., Torres, L. A. Z., Kumlehn, G. S., Candeo, E. S., Soccol, C. R. 2021. "Biomass, Biofuels, Biochemical: Circular Bioeconomy", Current Developments and Future Outlook, Hindistan.

57. Karthik, T., Rathinamoorthy, R. 2017. "Sustainable Fibres and Textiles: Sustainable Syntetic Fiber Production", Woodhead Publishing, İngiltere.

58. Keshavarz, T., Roy, I. 2010. "Polyhydroxyalkanoates: Bioplastics with a Green Agenda", Current Opinion in Microbiology, 13, 321-326.

59. Kurtoğlu N. Şenol D. 2004. "Tekstil ve Ekolojiye Genel Bakış, Karsinojen ve Alerjik Etki Yapabilen

Tekstil Kimyasalları", K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 7, 26-38.

60. Maranesi, C., De Giovanni, P. 2020. "Modern Circular Economy: Corporate Strategy, Supply Chain, and Industrial Symbiosis", Sustainability, 12, 9383.

61. Matusiak, M., Frydrych, I., 2014. "Investigation of Naturally Coloured Cotton of Different Origin – Analysis of Fibre Properties", FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 22, 5(107), 34-42.

62. Mazotto, A. M., De Rumos Silva, J., De Brito, L. A. A., Rocha, N. U., De Souza Soares, A. 2021. "How Can Microbiology Help to Improve Sustainability in the Fashion Industry?", Environmental Technology & Innovation 23, 101760.

63. Meriç, D. 2019. "Sürdürülebilir Yaklaşımlara Bir Örnek Olarak Biyoesaslı Malzemelerin Tekstil Ve Moda Tasarımı Alanlarında Kullanımı", Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7 (2), 111-121.

64. Nayak, R., Nguyen, L. V. T., Panwar, T., Jajpura, L. 2020. Sustainable Technologies for Fasion and Textiles, Woodhead Publishing, Vietnam.

65. Nayak, R. Panwar, T., Nguyen, L. V. T. 2020. Sustainable Technologies for Fashion and Textile, Woodhead Publishing, Cambridge.

66. Onofrei, E., Rocha, A. M., Catarino, A. 2011. "Thermal Comfort Properties of Knitted Fabrics Made of Elastane and Bioactive Yarns", Journal Materials Science Engineering, 428-435.

67. Saric, M., Scheibel, T. 2019. "Engineering of Silk Proteins for Materials Applications", Current Opinion in Biotechnology, 60, 213-220.

68. Sayem, A. S., Haider, J. 2020. "An Overview on the Development of Natural Renewable Materials for Textile Applications", Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, 2, 822-838.

69. Sharma, V., Sehgal, R., Gupta, R. 2021. "Polyhydroxyalkanoate (PHA); Properties and Modifications", Polymer, 212.

70. Shen, B., Zheng, J.H., Chow, P.S., Chow, K.Y. 2014. "Perception of Fashion Sustainability in Online Communit", J. Text. Inst., 105, 971-979.

71. Üreyen M. E. 2009. "Spinning Performance and Antibacterial Activity of Seacell® Active/Cotton Blended Rotor Yarns", Fibers and Polymers, 10 (6), 768-775.

72. Wojciechowska, P. 2021. Fibres and Textiles in the Circular Economy, Fundamentals of Natural Fibres and Textiles, Bangladeş

73. Yüksekçaya, M. E., Celep, G., Doğan, G., Tercan, M., Urhan, B. 2016. "A Comparative Study of Physical Properties of Yarns and Fabrics Produced from Virgin and Recycled Fibers", Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 11 (2), 68-76.

74. Zikeli S., 2001. Lyocell Fibers With Health-Promoting Effect Through Incorporation of Seaweed, Chemical Fibers International, 51, 272-276.

CHAPTER 6

MEDIKAL TEKSTİLLER MEDICAL TEXTILES



Engineering a Family of Disordered Fiber Networks via a Unified Theory Approach

Amit Rawal



Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi, INDIA

Abstract:

Disordered fiber networks (DFNs) are ubiquitous materials present in the form of paper, nonwovens, bulk assemblies of one-dimensional (1D) carbon nanomaterials, electrospun mats to interconnected networks of filamentous proteins. This talk will focus on a unified theory approach to predict the geometrical, mechanical, electrical and wetting characteristics of DFNs. Specifically, the unified theory approach has been successfully applied to the nonwoven materials and assemblies of carbon nanotubes in the form of buckypaper. The unified theory has been developed by combining the first principles of stochastic and stereological approaches. Further, the research challenges involved in formulation of unified theory will also be discussed.

Bazalt Kumaşların Termofizyolojik Özelliklerinin Uygulama Alanları Açısından Değerlendirilmesi

SİVRİ, Çağlar¹, MERT SİVRİ, Firdevs²

¹Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Besiktas/İstanbul/TÜRKİYE

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Akkent/Isparta/ TÜRKİYE

caglar.sivri@eng.bau.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bazalt kumaşların termal iletkenlik ve termal direnç analizlerinin yanısıra termal soğurganlık ve kalınlık gibi parametreleri giyim, otomotiv, izolasyon, güçlendirme ve filtrasyon gibi farklı uygulama alanları açısından değerlendirilmiştir. Çalışma esnasında Ukrayna kaynaklı kayalardan elde edilmiş bazalt kumaşı Alambeta cihazı kullanılarak termal açıdan iletkenlik, direnç, soğurganlık ve kalınlık parametrelerinin ölçümü gibi birkaç farklı analize tabi tutulmuştur. Bu analizlere göre yüksek termal direnç gösteren bazalt kumaşının giyim alanında kullanımı için tek başına kullanımı yerine bir kompozit yapının içinde kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Yine bu analizlere göre Otomotiv uygulamalarında izolasyon kapasitesinin artırılabilmesi için dokuma kumaş yerine dokunmamış yüzey olarak kullanımının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Genel bir değerlendirme yapıldığında her bir alan için termal açıdan iletkenlik ve direnç özelliklerinin, soğurganlık ve kalınlık özellikleriyle birlikte hatta gerekli görülen yerlerde kütle transferi testlerinin de bu testlere ilaveten yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

AMAÇLAR

Bu çalışmada bazalt kumaşının iletkenlik, direnç ve soğurganlık gibi bazı ısı özelliklerinin farklı uygulama alanları açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Alambeta cihazı yardımıyla bazalt kumaşı için son kullanım açısından pratik bulgular elde edilmesi ve ilgili uygulama alanlarına yönelik öneriler sunulması amaçlanmıştır.

GİRİŞ

Bazalt lifleri son kullanım açısından oldukça yüksek termalstabilite, korozyona dayanıklı yapısı, ısıl izolasyon performansı, gürültü sönümleme, düşük nem emicilik, yüksek mukavemet ve modüler performansından ötürü birçok uygulama için geleceğin malzemesi olarak nitelendirilmektedir^{1,2}.

Uygulamalar özelinde, otomotivde aşınma ve sürtünme sönümleme ile ısıl izolasyon, inşaatla güçlendirme malzemesi, havacılık ve uzay araçları ile deniz araçlarının gövde güçlendirmesi, elektro teknik alanda elektromanyetik kalkanlama ve filtre alanında yüksek

ısıda gaz filtrasyon fonksiyonuyla kullanımı günden güne artmaktadır³⁻⁶. Bazalt lifi en çok ısıl dayanım ve ateşe dayanıklı ürün geliştirme uygulama larında kullanım alanı bulmaktadır ve bu durum akademi ve endüstride yapılan çalışmaların bu alana yoğunlaşmasından da anlaşılmaktadır.

maktadır. Bu konuya ilişkin araştırmacılar bazalt lifinin ve bazalt lifinden mamül kumaşın termal iletkenlik değerini ölçümlemişler ve diğer malzemelere görece daha düşük iletkenlik değerine sahip olduğunu bulmuşlar ve bu durumu düşük lif çapı ile açıklamışlardır⁷. Diğer bir çalışmada araştırmacılar %100 bazalt lifinden mamül kumaş üzerinde termal iletkenlik ve termal direnç testleri uygulamışlar ve özellikle Polipropilen ve Jüt bazlı tekstil kumaşları ile karşılaştırıldığında en yüksek termal direnç ve en düşük termal iletkenliğe sahip olduğu bulgusu ile bazalt lifi esaslı kumaşların koruyucu tekstil geliştirilmesi açısından yüksek düzeyde uygunluğu sonucuna varmışlardır⁸.

Bu çalışmada bazalt lifinden mamül kumaşın termal direnç, termal iletkenlik, termal soğurganlık ve ısıl akış gibi farklı parametreleri deneysel olarak analiz edilmiş ve son kullanım alanı açısından yorumlanmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Bu çalışmada Ukrayna kaynaklı kayalardan üretilmiş bazalt kumaş, Çek Cumhuriyeti Liberec Teknik Üniversitesi tarafından sağlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi doğal parlak bir görünüme sahiptir.



Şekil 1. Bazalt kumaşının görüntüsü

Çalışmada Liberec Teknik Üniversitesi tarafından sağlanan bazalt kumaş multifilament esastır ve genel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bazalt Kumaş Numunesine Ait Özellikler

Doku	Dimi 3/1
Görünüm	Doğal parlak
Gramaj (g/m ²)	385
Kalınlık (mm)	0,4
Atkı sıklığı (adet/cm)	10
Çözü sıklığı (adet/cm)	10

Yöntem

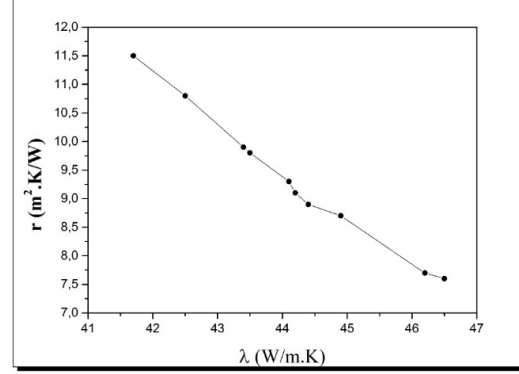
Bu çalışmada bazalt kumaşının bazı termal özellikleri son uygulamalar açısından incelenmiştir. Bazalt kumaşının termal özelliklerinin ölçümü için Çek Cumhuriyeti Sensora firmasının üretimi Alambeta cihazı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların grafik halinde görselleştirilmesi OriginPro 9 programı ile yapılmıştır.

Bazalt kumaşının termal iletkenlik, termal direnç, termal soğurganlık ve kalınlık değerleri, numunelere tahribatsız bir şekilde test yapabilen Alambeta cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın ölçüm prensibi birkaç temel adımdan ibarettir. Ölçüm başlar başlamaz, sensörlü ısı algılama bloğunu içeren ölçüm kafası aşağı iner ve alet tabanında bulunan ölçüm numunesine dokunur. Bu anda, numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihaz daha sonra ısı güç rotasını kaydeder ve farklı sınır koşullarına maruz kalan ince plaka üzerindeki geçici sıcaklık alanını çözer. Tüm bu değişimler analiz edildikten sonra cihazın ekranında termal iletkenlik, termal direnç, termal soğurganlık ve kalınlık değerleri sayısal olarak okunur. Tekstil kumaşları için termal iletkenlik λ [W/m.K], ısının kumaş yüzeyinden başka bir yüzeye iletilmesi işlevini temsil eder. Termal direnç r [m²K/W], iletkenliğin aksine, bir tekstil kumaşının ısı alışverişini en aza indiren ve yalıtım işlevi sağlayan bir parametredir. Termal soğurganlık b [W s^{1/2} / m²K] yeni bir sıcak-serinlik hissi parametresidir; bu değer yüksek olduğunda kumaşlar serinlik hissi verirken, düşükken sıcaklık hissi verir. Kalınlık h [mm] değeri termal parametrelerle çok ilgili bir değerdir; genellikle tekstil yüzeylerinin kalınlığı arttıkça termal direnci de artar⁹. Bu çalışma dahilinde bazalt kumaşının 10 farklı bölgesinden 10 tekrar ölçüm alınarak ölçülen her bir parametre için toplamda 100 değer elde edilmiştir ve sonrasında her bir değer 10’a bölünmek suretiyle ortalaması bulunmuştur.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

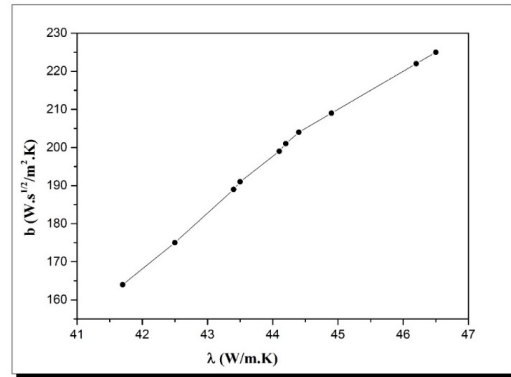
Bu çalışmada Alambeta cihazı kullanılarak bazalt esaslı kumaşa zarar verilmeden termal iletkenlik (λ), termal direnç (r), termal soğurganlık (b) ve kalınlık (h) değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler esas alınarak termal

iletkenlik ve termal direnç ölçümlerine ilişkin grafik Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü üzere termal direnç değeri arttıkça termal iletkenlik değeri azalmaktadır. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,987$ değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre bazalt kumaşının termal iletkenliğini düşürmek için termal direncinin artırılması gerekliliği ortaya çıkmakta ve kumaşa bu yönde bir işlem uygulanma ihtiyacı söz konusu olmaktadır.



Şekil 2. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve termal direnç ölçüm sonuçlarına ilişkin grafik

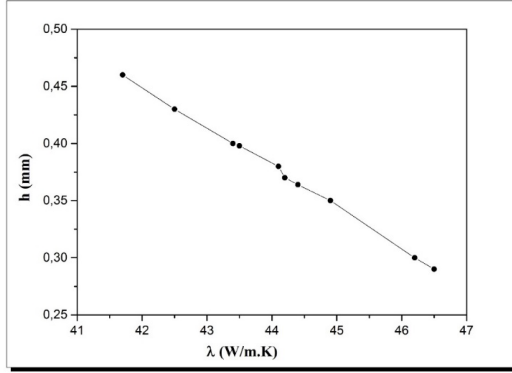
Ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve termal soğurganlık ölçümlerine ilişkin elde edilen grafik Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’te görüldüğü üzere termal iletkenlik değeri arttıkça termal soğurganlık değeri de artmaktadır. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,9841$ değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre bazalt kumaşının termal iletkenlik değeri arttıkça kumaş serinlik hissi vermektedir.



Şekil 3. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve termal soğurganlık ölçüm sonuçlarına ilişkin grafik

Ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve kalınlık ölçümlerine ilişkin elde edilen grafik Şekil 4’te verilmiştir. Şekil 4’te görüldüğü üzere bazalt kumaşının kalınlığı arttıkça termal iletkenlik değeri düşmektedir. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,9962$

değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre daha ince bazalt kumaşlarının daha yüksek termal iletkenliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve kalınlık sonuçlarına ilişkin grafik

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada bazalt kumaşının bazı termal özellikleri Alambeta cihazı kullanılarak test edilmiştir. Bazalt kumaşlar son kullanım alanları açısından öncelikli olarak ısıya dayanım ve termal izolasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın sonuçları sırasıyla farklı uygulama alanlarına göre değerlendirilmiştir.

Giyim alanı açısından değerlendirildiğinde bazalt kumaşının termal direncinin artması ile termal iletkenliğinin azaldığı görülmüştür. Termal iletkenliğin düşüşü aynı zamanda düşük termal soğurganlığa sebep olmakta, yani giyen kişiye daha çok sıcaklık hissi vereceği anlamına gelmektedir. Yine bazalt kumaşının kalınlığı arttıkça termal iletkenliğinin düştüğü ve buna bağlı olarak giyen kişiye verdiği sıcaklık hissini arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, bazalt kumaşının özellikle yanmaya dayanıklı giyim eşyası olarak tek başına değil, çok katmanlı bir kompozit yapının özellikle vücuda temas etmeyen dış katmanına uygulanması gerek giyim konforu gerekse koruyuculuk fonksiyonu açısından daha doğru olacaktır.

Otomotiv alanı açısından ısı izolasyon fonksiyonu değerlendirildiğinde, termal iletkenliğinin düşmesiyle birlikte artan termal stabilite olası bir yangında malzemenin koruyuculuk özelliğini arttırdığı gibi, aracın ısıtılması ya da soğutulmasında da maliyet düşüşü sağlayacaktır. Bu özellikleriyle bazalt lifinin otomotivde dokuma yerine dokunmamış yüzey formunda kullanılması izolasyon kapasitesi ve etkinliğini arttıracaktır.

Havacılık ve uzay araçları alanı açısından gövde güçlendirilmesi amacıyla kullanımı değerlendirildiğinde, bu uygulama güçlendirmenin yanı sıra düşük termal iletkenliğin sağladığı termal stabilite ile birlikte özellikle ani ısı değişimlerinin söz

konusu olduğu bu ortamda, araçlara uzun ömür ve dayanım sağlayacağı gibi bu değişimlerin getireceği anlık termal yükü de en aza indirecektir.

Gaz filtrasyonu alanında özellikle yüksek sıcaklıklarda işlem söz konusu olduğu için test sonuçlarından da görülebilen düşük termal iletkenlik ve termal soğurganlık değerleri yüksek derecede termal stabilite sağlayacak ve bu şekilde filtrasyon esansında olası risklerin önüne geçilmiş olacaktır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde bazalt lif kumaşlarının giyimden ulaşım ve hassas filtrasyon uygulamalarına kadar çok geniş bir yelpazede kullanımı söz konusudur. Burada kritik husus bazaltın tek başına mı yoksa kompozit formunda bir yapının parçası olarak mı kullanılacağına ve uygulama alanına göre dokunmuş ya da dokunmamış yüzey gibi hangi formda kullanılacağına iyi karar verilmesi gereklidir.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Gelecek çalışmalarda bazalt kumaşların su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği gibi diğer performans özelliklerinin test edilmesi ve çeşitli uygulamalar açısından potansiyel etkilerinin araştırılması, termofizyolojik konfor hususunda daha kapsamlı bulgular sağlanması açısından gereklidir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Yazarlar, bazalt kumaşlarını sağlayan Çek Cumhuriyeti Liberec Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Vladimir Kovacic'e ve test ekipmanları konusunda yardımları bulunan aynı üniversiteden Prof. Dr. Lubos HES'e teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1.Sivri, Ç. (2021). "Bazalt Kumaşların Bazı Isıl Özelliklerinin Son Kullanım Açısından Değerlendirilmesi". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22), 27-31.
- 2.Wei, B., Cao, H.,Song, S. (2011). "Surface modification and characterization of basalt fibers with hybrid sizings". *Composites:Part A*, 42, 22-29. Doi:10.1016/j.compositesa.2010.09.010.
- 3.Militky, J., Kovacic, V.,Rubnerov, J. (2002). "Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers". *Eng Fract Mech*, 69, 1025–1033. Doi: 10.1016/S0013-7944(01)00119-9.
4. Sim, J., Park, C., Moon, D. Y. (2005). "Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures". *Composites Part B: Engineering*,36,504-512.Doii: 10.1016/j.compositesb.2005.02.002.
5. Singha, K. (2012). "A Short Review on Basalt Fiber. *International Journal of Textile Science*". 1(4), 19-28. Doi: 10.5923/j.textile.20120104.02.

6. Wang X., Hu, B., Feng, Y., Liang, F., Mo, J., Xiong, J. (2008). "Low velocity impact properties of 3D woven basalt/aramid hybrid composites". *Compos Sci Technol.*, 68, 444–50. Doi: 10.1016/J.COMPSCITECH.2007.06.016.
7. Borshakova, N.V., Kostenok, O. M. (1995). "Thermal conductivity of basalt fiber materials". *Heat Engineering*, 36, 9-10. Doi: 10.1007/BF02227481.
8. Jamshaid, H., Mishra, R., Militky, J. (2016). "Thermal and mechanical characterization of novel basalt woven hybrid structures". *The Journal of The Textile Institute*, 107(4), 462-471. Doi: 10.1080/00405000.2015.1034940.
9. Dolezal, I., Hes, L., Bal, K. (2019). "A non-destructive single plate method for measurement of thermal resistance of polymer sheets and fabrics". *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(4), 562-567. Doi: 10.1080/10803548.2018.1477247.

Poliester ve Poliamid Polimerlerinden Lökosit Filtresi Üretimi

SİVRİ MERT, Firdevs¹, KARA Fatma², HODA, Numan³, Mehmet Ali SELEK⁴

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Eczacılık Fakültesi

²Akdeniz Üniversitesi Kimya Bölümü

²Akdeniz Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği

⁴Antip Teknolojik ve Medikal Ürünler TİC. A.Ş.

firdevssivri@sdu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde gelişmiş ülkeler kan transfüzyonunda tam kan yerine hastanın ihtiyacı olan kan bileşenini kullanmaktadır. Tam kanı bileşenlerine ayırmak için birçok metot kullanılmaktadır ve bunlardan en yaygın kullanılanı ise filtrasyon metodudur. Lökosit filtrasyonunda amaç, kandan lökositleri uzaklaştırarak kan transfüzyonu sırasında lökositlerin gösterdiği olası yan etkileri ortadan kaldırmaktır. Bu çalışmada, PBT ve PA-12 lif katmanları kullanılarak tam kandan lökosit hücrelerini spesifik olarak ayıracak filtreler geliştirilmiştir.

AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı; lökosit tutumu fazla eritrosit geçirgenliği yüksek ve tıkanma problemi olmayan bir lökosit filtresini poliestere-poliamid polimerlerinden üretilen dokusuz yüzey katmanları kullanılarak elde etmektir.

GİRİŞ

İnsan kanında iki tür bileşen vardır: hücresel ve hücresel olmayan (plazma). Hücresel kısım, beyaz kan hücrelerini (lökositler), kırmızı kan hücrelerini (eritrositler) ve trombositleri içermektedir. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde hastalara tam kan yerine hastanın ihtiyacı olan kan bileşeni transfüzyonu yapılmaktadır. Bu durumda donörden alınan tam kan çeşitli metotlarla bileşenlerine ayrılmakta ve hastanın ihtiyacı olan kan bileşeninin hastaya transfüzyonu sağlanmaktadır. Yapılan çalışmalar eritrosit ve trombosit bileşenlerinin hastaya transfüzyonu sonrasında içerisinde kalıntı halde bulunan lökositin hasta üzerinde yan etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Bu yan etkilerden bazıları hemolitik olmayan fibril reaksiyonlar, trombosit transfüzyonunda inatçılık, karaciğer ve böbrek nakillerinde doku uyumsuzluğu ve bağışıklık sisteminde zayıflama olarak sayılabilir [1-3]. Bunun yanında, kan transfüzyonu sırasında donörlerden hastalara yayılabilen virüsler de lökositler aracılığıyla taşınmaktadır [5,6]. Bu sebeplerden dolayı, hastaya aktarılan kanın bileşenlerinin içerisinde lökositin mümkün olduğunca tamamen çıkarılması önem arz etmektedir. Günümüzde tam kandan lökosit

uzaklaştırmak için diferansiyel santrifüj, sedimentasyon, dondurma ve eritme, hücre yıkama ve filtrasyon metotları kullanılmaktadır. Bu metotlar arasında filtrasyon, lökositleri ayırmak için kullanılan en etkili yöntemdir.

Filtrasyon işleminde üç mekanizma bulunmaktadır [7]. Bunlardan birincisinde, lökositler lifler tarafından oluşturulan gözeneklerde tutulur veya bloke edilir; buna mekanik eleme denir. İkincisi ise, filtre ile lökositler arasında meydana gelen etkileşim (elektrostatik etkileşim, hidrojen bağı vb.) sonucunda lökositlerin tutulması esasına dayanmaktadır. Sonuncu mekanizmada ise kan içerisinde bulunan bazı trombositler aktive olmakta ve filtrasyon sırasında filtre liflerine yapışmaktadır. Aktive trombositler, lökositlerin bir kısmını absorbe edebildikleri için dolaylı olarak filtre liflerine yapışmaktadır. Bu mekanizmalara göre, filtre malzemelerinin gözenek boyutu ve yüzey yapısının yüksek verimli lökosit filtrelerinin tasarımında anahtar parametreler olduğu sonucuna varılmaktadır. Meltblown tekniğiyle üretilen dokusuz yüzeyler, lökosit filtreleri için en yaygın kullanılan malzemedir. Dokusuz yüzeylerin gözenekleri düzensizdir ve üretim parametrelerine bağlı olarak ortalama çapları 1 ila 5 µm arasında değişmektedir. Bu mikroliflerin oluşturduğu düzensiz şekil ve küçük boyut, lökositlerin yapışmasını artırmaktadır. Lökosit filtrasyonu için yapılan çalışmalarda yüzeyinde azot bulunan bazik fonksiyonel grup taşıyan malzemeler negatif yüklü olan eritrosit ve lökositleri kolaylıkla tuttuğu bulunmuştur. Ayrıca yüzeyinde azot içeren bazik fonksiyonel grup taşıyan fiberlerin, azot atom/yüzey oranı (aygırlıkça) %0,2-4,0 arasında olduğunda yüzeyin seçici olarak eritrosit yerine lökosit tuttuğu bulunmuştur [8]. Bu nedenle, filtre oluşturmak için katman olarak yüzeyinde azot bulunduran poliamid-12 polimeri (PA-12) ve yüzeyi bazik özellik gösteren Polibütilentereftalat (PBT) polimeri kullanılmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışmada kullanılan PBT polimeri Celenase firmasından, PA-12 ise Arkema firmasından temin edilmiştir ve polimerlerin fiziksel özellikleri tablo 1’de verilmektedir. Ayrıca lökosit filtrasyonu performans testlerinde kullanılan kan numuneleri Kızılay Kan merkezinden temin edilmiştir.

Tablo 1. PA-12 ve PBT polimerlerinin fiziksel özellikleri

Polimer	Yoğunluğu (g/cm ³)	Erime sıcaklığı (°C)
PBT	1,265g/cm ³	225 °C
PA 12	1,03 g/cm ³	175 °C

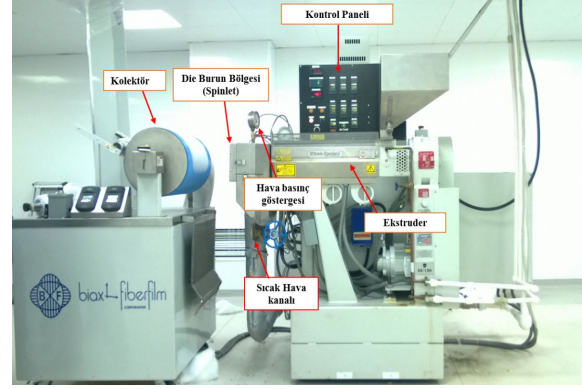
Yöntem

Öncelikle PBT ve PA-12 polimerleri nem tutma kapasiteleri olduğu için lif çekiminden önce PBT polimeri 110 °C’de, PA-12 polimeri ise 80 °C’de 4 saat kurutuldu. Uygun sıcaklık ayarları yapılan meltblown makinesine PBT polimeri konulup lif eldesi sağlandı. Aynı işlemler PA-12 polimeri için gerçekleştirilerek PA-12 polimerinden de lif eldesi sağlanmıştır. PBT ve PA-12 polimerleri için kullanılan optimum sıcaklık değerleri tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Meltblown cihazında PBT ve PA-12 polimerlerinden lif çekimi için kullanılan optimum sıcaklık değerleri

Polimer	Zone 3	Zone 2	Zone 1	Air Temp.	Die	Clamp
PBT	250 °C	245 °C	242 °C	250 °C	250 °C	250 °C
PA-12	280 °C	275 °C	270 °C	280 °C	280 °C	280 °C

Melt-blown cihazı ile elde edilen liflerin çapları ve katman kalınlığı, üflenen havanın basıncı, polimer akış hızı ve kolektör ile die burun bölgesi arasındaki mesafe, kolektör dönme hızı gibi parametrelerle değişmektedir. Oluşturulacak olan filtreler için lif katmanının kalınlığı filtrenin gözenek boyutunu ve geçirgenliğini belirlemektedir. Bu yüzden bütün bu parametreler ayrı ayrı değiştirilerek PBT ve PA-12 için lif çekim denemeleri yapıldı ve farklı lif çaplarına sahip dokusuz yüzeyler üretildi. PBT ve PA-12 polimerinin lif çekiminde kullanılan meltblown cihazı şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1. PBT ve PA-12 polimerinin lif çekiminde kullanılan meltblown cihazı

Lif çapları ve katman kalınlığı belirlenen liflerden katmanlar dizilerek filtreler hazırlandı. Bu kısımda denemeler iki faktör göz önüne alınarak yapıldı. Birincisi, filtreyi oluşturan katman sayısı (toplam tabaka kalınlığı) ve katmanların gözenek boyutu, ikincisi ise iki farklı polimerden elde edilen lif katmanlarının filtrede kullanım sayısıdır. Filtre oluşturulduğu zaman toplam katman kalınlığı lökosit ayırımını etkilemektedir, dolayısıyla katman sayısı değiştirilerek lökosit ayırım kapasitesi miktarları üzerinde bir optimizasyon yapıldı. Bununla birlikte asıl amaç olan farklı polimerlerden oluşan katmanların lökosit ayırımını nasıl etkilediğini gözlemek için her bir polimerden değişik sayıda katman oluşturularak ve değişik sırayla konularak filtreler oluşturuldu. Hazırlanan filtrelerin lökosit ayırım performansı ile ilgili denemeler yapıldı. Bu denemelerde kan numuneleri filtreden geçirilerek kan toplama torbasında toplandı. Kullanılan kan numunesinin, deneme öncesinde ve deneme sonrasında hemogram değerleri ölçüldü. Bu ölçümlere göre % lökosit ve eritrosit azalmaları hesaplandı. Şekil 2’de üretilen filtrenin filtrasyon öncesi ve sonrası görünümü verilmiştir.



Şekil 2. Üretilen filtrenin filtrasyon öncesi ve sonrası görünümü

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Lökosit filtrasyonunda filtre malzemesinin kimyasal yapısının yanında filtreyi oluşturan katmanların ortalama gözenek çapı da filtre performansında etkilidir. Ortalama gözenek çapı küçüldükçe filtrede tıkanma olasılığı da artarken, ortalama gözenek

çapının büyüdükçe adhezyon kuvveti düşmektedir ve filtrenin performansı düşmektedir. Bundan dolayı lökosit filtrasyonunda kullanılacak filtrelerin her katmanın ayrı ayrı gözenek boyut analizi yapıldı.

Tablo 3. Filtrede kullanılan liflerin gözenek boyutları ve % porozite değerle

Numune	Lif çapı (µm)	Lif katman Kalınlığı (µm)	Ort. Gözenek Çapı (µm)	Porozite (%)
25 kat PBT-1	3,1	26,9	34,1	83,1
50 kat PBT-1	3,1	26,9	26,0	76,5
25 kat PBT-2	2,6	25,5	28,9	82,0
25 kat PBT-3	1,5	36,6	17,8	76,1
50 kat PBT-3	1,5	36,6	14,7	72,5
25 kat PA-12	5,2	61,0	53,0	81,8
50 kat PA-12	5,2	61,0	67,8	82,9

Filtreyi oluşturan katman sayısı, iki farklı polimerden elde edilen lif katmanlarının filtrede kullanımı göz önüne alınarak hazırlanan filtrelerin performans analizinde Kızılay Kan Bankasından alınan numunelerle filtrasyon denemeleri yapıldı. Yapılan denemelerin sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Üretilen filtrelerle yapılan denemelerde katman sayısının artışının filtre performansını etkilediği görülmüştür. Ayrıca tek polimer lifinden üretilen filtreler iki polimer lifinden üretilen filtrelerden daha düşük performans göstermiştir. İki farklı polimerin kullanıldığı filtrelerde polimerler üzerinde bulunan ve adhezyon özelliği gösteren fonksiyonel gruplarının bir filtre üzerinde toplanması nedeniyle daha üstün özellik gösterdiği düşünülmüştür.

Tablo 4. Kan filtrasyonu sonucunda elde edilen sonuçlar

	Katman sayısı	%Ort. Lökosit Azalması	% Ort. Eritrosit Azalması
N-1	30 Kat PBT-1	93,73%	5,85%
	30 Kat PBT-4		
N-2	30 Kat PBT-1	96,75%	4,77%
	30 Kat PBT-4		
	20 Kat PBT-3		
	20 Kat PBT-5		
N-3	41 Kat PA-12	97,61%	3,33%
N-4	25 kat PBT-1	99,57%	6,82%
	25 kat PBT-3		
	50 kat PA-12		
N-5	25 kat PA-1	99,52%	5,80%
	50 kat PBT-3		
	25 kat PBT-2		
N-6	50 kat PBT-1	99,24%	4,09%
	50 kat PA-1		
N-7	25 kat PBT-3	99,61%	5,53%
	50 kat PA-12		
	25 kat PBT-1		
N-8	50 Kat PA-12	99,24%	1,33%
	50 Kat PBT-1		

Uluslararası standartlara göre eritrosit süspansiyonu lökositlerden arındırılmış olarak nitelendirilmesi için 10^6 'dan daha fazla lökosit içermemelidir [9]. Yapılan çalışma sonucunda üretilen filtrelerden 100 kat katman sayısına sahip olan N-4 ile N-8 arasındaki filtreler Tablo 4’de görüldüğü gibi 10^6 'dan daha az lökosit içermektedir. Ayrıca lökosit filtrasyonunda eritrosit kaybının daha önce de belirtildiği gibi 10^3 'dan daha az olması istenilmektedir. Aynı şekilde N-4 ile N-8 arasındaki filtrelerde eritrosit kaybı 10^3 'dan daha azdır. Dolayısıyla üretilen N-4 ile N-8 arasındaki filtreler uluslararası standartlara uygundur

- SİVRİ MERT, Firdevs (0000-0002-0545-0268)

GENEL SONUÇLAR

Üretilen filtrelerle yapılan denemelerde katman sayısının artışının filtre performansını etkilediği görülmüştür. Ayrıca tek polimer lifinden üretilen filtreler iki polimer lifinden üretilen filtrelerden daha düşük performans göstermiştir. İki farklı polimerin kullanıldığı filtrelerde polimerler üzerinde bulunan ve adhezyon özelliği gösteren fonksiyonel gruplarının bir filtre üzerinde toplanması nedeniyle daha üstün özellik gösterdiği düşünülmüştür. Yapılan çalışma

sonucunda üretilen filtrelerden 100 kat katman sayısına sahip olan filtreler %1,33-6,82 eritrosit kaybı ile %99,24-99,61 arasında lökosit ortamdan uzaklaştırmaktadır. Piyasada bulunan filtreler ise kandaki lökositlerin %95-99,9 arasında ayırabilmekteler, aynı zamanda kırmızı kan hücrelerinde %10'dan daha az kayıp oluşturmaktadırlar. Üretilen filtrelerin hem lökosit tutma oranı hem de eritrosit tutma oranı piyasada bulunan filtrelere eşdeğer niteliktedir. Bunun yanında lökosit filtrelerinin en büyük dezavantajı tıkanma probleminin olmasıdır [10]. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen filtrelerde herhangi bir tıkanma problemi oluşmamıştır. Bu sonuçta elde ettiğimiz ürünün en büyük üstünlüğüdür.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma 01665.STZ.2012-2 nolu SAN-TEZ projesiyle T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Pharmamed Medikal Ürünler Sanayi ve Ticaret Ltd Şti tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Heddle N.M., Klama L., Meyer, R., Walker, I., Boshkov, L., Roberts, R., Chambers, S., Podlosky, L., O'Hoski, P., Levine, M. 1999. "A randomized controlled trial comparing plasma removal with white cell reduction to prevent reactions to platelets". *Transfusion* 39:231–238.
2. Seghatchian, M.J. 1994. "An overview of laboratory and clinical aspects of leukocyte depleted blood components", *Transf Sci*, 15:49-50.
3. Ten Haaf, M.A., Van den Berg-Loonen, P.M., Van Rhenen D.J. 1992. "Prevention of primary HLA Class I allo-immunization with leucocyte-poor blood components produced without the use of platelet filters", *Vox Sang*, 63:257-261.
4. Blajchman MA: Allogeneic blood transfusions, immunomodulation, and postoperative bacterial infection: Do we have the answers yet? *Transfusion* 1997; 37:121±125.
5. Al EJ, Visser SC, Broersen SM, Huisman JG: Reduction of HTLV-1 infective cells in blood by leukocyte filtration. *Ann Hematol* 1993; 67:295.
6. Lieden G., Hilden J.O. 1982. "Febrile transfusion reactions reduced by use of buffy-coat-poor erythrocyte concentrates", *Vox Sang* 1982; 43:263-265.
7. Steneker, I., van Luyn M.J.A., van Wachem P.B., Biewenga J. 1992. "Electronmicroscopic examination of white cell depletion on four leucocyte depletion filters", *Transfusion*, 32:450-457.
8. Takao, N., Yoshuyuki M. 1990. "Filter medium for selectively removing leukocyte", United States Patent Patent: 4.936.998 .
9. Lee E.K., Vernucci P.J., Williams S.C. 2002. "Leukocyte reduction filtration media", United States Patent Patent, US 6,337,026 B1.
10. Beard, J.M., Cardigan, R., Segatchian, J., Krailadsiri, P., Williamson, L.M. 2004. "Variables determining blockage of WBC-depleting filters by Hb sickle cell trait donations", *Transfusion*, 44 (3), 422-430.

Covid Yoğun Bakım Servis Çalışanları İçin Koruyucu Tulum Geliştirilmesi

SEYREK KURBAN, Nazime¹, ARLIER, Reşan²

¹ Dörtboyut Sağ. Hiz. Med. Konf. San. Tic. Ltd. Şti., 2Adana İl Sağlık Müdürlüğü
nskurban@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, Covid-19 Pandemi ile birlikte oluşturulan Adana Seyhan Devlet Hastanesi'nin Covid Yoğun Bakım Ünitesi'nde çalışan personellerin mevcutta kullandıkları tek kullanımlık tulumlara alternatif çok kullanımlık koruyucu tulumların geliştirilmesini kapsamaktadır. Çalışma Nisan-Mayıs 2021 döneminde 2 aşamalı olan yüzyüze anket çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada deneme üretimleri yapılan 54 adet çok kullanımlık tulum 18 çalışana teslim edilmiş ve 1 ay boyunca kullanmaları sağlanmıştır. Çalışmaya katılan sağlık çalışanlarının öneri, beklenti ve tek kullanımlık ürünlere göre memnuniyet düzeyleri ölçülmüştür. İkinci aşamada ise çalışanların beklenti ve önerilerine göre tekrar üretilen çok kullanımlık tulumların 5li likert ölçeğine göre memnuniyet düzeyleri ölçülmüştür. Tek kullanımlık koruyucu tulumlara göre konfor, terletme düzeyi, ergonomi, kalite ve su geçirmezlik özelliklerinin çok daha iyi olduğu belirtilen çalışmada çok kullanımlık koruyucu tulumların memnuniyet düzeyi "4-Memnün" olarak belirlenmiştir.

AMAÇLAR

Bu çalışma;

- Covid-19 pandemisi nedeniyle oluşturulan yoğun bakım ünitesinde çalışan personellerin mevcutta kullandıkları tek kullanımlık koruyucu tulumlara göre çalışma kapsamında geliştirilen çok kullanımlık koruyucu tulumlar ile konfor bakımından karşılaştırmalarını,
- Fonksiyonel (antivirüs özellikli, sıvı geçirmez ve ter emici) özelliklere sahip, çok kullanımlık koruyucu tulumların enfeksiyonun en fazla olduğu Covid Yoğun Bakım Ünitesindeki kullanıcılar ile birlikte geliştirilmesini,
- Koruyucu Tulum olarak geliştirilen çok kullanımlık tulumları kullanan personellerin memnuniyet düzeylerinin tespitini, amaçlamaktadır

GİRİŞ

Çin'in Vuhan kentinde 2019-Aralık ayının sonlarında ortaya çıkan, bulaştığı kişilerde ateş, öksürük, nefes darlığı gibi belirtilere neden olan hastalık Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) olarak adlandırılmıştır. COVID-19'a neden olan virüsün adı SARS-CoV-2'dir[1]. Dünyada 410,565,868 kişide görülen ve yaklaşık 6 Milyon insanın ölümüne sebep olan pandemide Türkiye'de de 90.542 kişi malesef

hayatını kaybetmiştir [2]. Yaklaşık 411 Milyon kişinin etkilendiği salgında COVID-19 hastalarının bakım ve tedavilerini üstlenen sağlık çalışanları enfeksiyon açısından yüksek riskli grupta yer almaktadır. Yüksek riskin en aza indirilmesi adına sağlık çalışanlarının ek koruyucu önlemler alması gerekmektedir. Hastalığın bulaşması genellikle virüsü taşıyan hasta ile aynı ortamda bulunanlarda, hasta kişinin öksürmesi ve hapsirmesi sırasında oluşan damlacıklarının 1 m'ye kadar yakın temasta ve korunmasız kişilerin ağız, burun ve solunum yollarından girmesi ile oluşmaktadır. Koronavirüs, sağlık personeli genel olarak toplumdan çok daha fazla etkilemektedir. Bu durumun en önemli nedeni sağlık çalışanlarının bu hastaları daha çok görmesi ve tedavilerini üstleniyor olmalarıdır.

Çalışmalar, yüksek bulaşma riskine rağmen, doğru kişisel koruyucu ekipman (KKE) kullanımının sağlık çalışanlarına enfeksiyon bulaşını önlemede etkili olduğunu göstermektedir. KKE'nin amacı, bireyleri tehlikeli bir durumda olası kimyasal, fiziksel ve biyolojik tehlikelerden korumak veya izole etmektir. Kimyasal, biyolojik ve radyolojik tehlikelere karşı koruma sağlayan çok çeşitli koruyucu kumaşlar mevcuttur[3]. Sağlık çalışanları için Şekil 1'de görülen 4 farklı seviyede koruyucu kıyafet bulunmaktadır.

SEYREK KURBAN, Nazime (0000-0001-7419-7211)

ARLIER, Reşan (0000-0001-6520-1549)



Şekil 1: Koruma seviyelerine uygun KKE [4]

Koruyucu giysiler, biyolojik ve kimyasal etkenlerin kişinin kıyafet ve cildine temas etmesini engellemektedir. En az C seviye koruyucu kıyafet kullanılması önerilmektedir. Amerika Birleşik

Devletleri Çevre Koruma Ajansı(EPA) Standartlarında C seviye koruyucu kıyafetin Avrupa Standartlarındaki (EN) karşılığı tip 5 ve tip 6 giysilerdir. Bu giysiler, siperliği, ayak koruması ve/veya kapüşonu olan veya olmayan tek parçalı tulum veya iki parçalı elbise halinde gövdeyi, kolları ve bacakları kapatmak suretiyle tüm vücudu koruyan giysilerdir. Bununla birlikte, EPA Standartlarında D seviye koruyucu kıyafet olarak bilinen önlük, ceket, tıbbi maske ve eldiven bileşenlerini kapsayan ve EN Avrupa Standartlarındaki karşılığı Tip 6B olan giysi, sadece vücudun belli kısımlarını kapatarak personeli korumaktadır[3]. Bu bildiri, sağlık personeli ve ilk müdahale ekiplerinin kullandığı, C seviyesinde bulunan tulumlar ile ilgili çalışmayı içermektedir.

Koruyucu giysiler bir çok avantaja sahip olmasının yanı sıra bazı dezavantajlarda içermektedir. Koruyucu giysilerin tek parça olması sağlık çalışanlarında psikolojik strese neden olmaktadır. Aynı zamanda pediatrik hastaların KKE'lı personellerden korkmalarına da sebep olmaktadır [3].

COVID-19 pandemi döneminde üretilen giysilerin virüslere karşı etkili, sıvı iticilik, sıvı geçirmezlik, hava geçirgenliği ve bazı özelliklere sahip kumaşlardan olması önemlidir. Giysilerin koruyuculuk özelliklerinin yanı sıra uzun süreli kullanımlarından dolayı sağlık çalışanlarının konforuna da uygun olması gerekmektedir. Bu sebeple kumaş seçimi yapılırken giysilerin bariyer özellikleri, virus/bakteri bulaşma riski, konfor özelliği, maliyeti, çalışana ve çevreye etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Sağlık çalışanlarının kullandığı giysiler; çok kullanımlık ve tek kullanımlık olmak üzere ikiye ayrılır. Tek kullanımlık giysiler nonwoven kumaşlardan (SMS, Spunbond, Spunlace) üretilirken, çok kullanımlık giysiler ise %100 Pamuk, %100 Polyester, Pamuk&Polyester karışımı dokuma kumaşlardan üretilmektedir. Gerek sağlık çalışanın gerekse hastanın korunmasında kullanılan cerrahi giysilerin gözenek büyüklüğü, sıvı iticiliği - sıvı geçirmezliği ve hava geçirgenliği ön plana çıkmaktadır. Tıbbi tekstiller için gözenek büyüklüğü, sıvı, hava ve ter geçirgenliği açısından çok önemlidir. Cerrahide sıvılar, en önemli taşıyıcı ve mikrobiyolojik nakil aracı olarak kabul edilirler. Bu yüzden kumaşların sıvılara karşı bariyer etkisi göstermesi beklenmektedir. Sıvı itici özellik, nemli ortamlarda bakterilerin üremesini engellemesi açısından çok önemlidir. Sıvı geçirmezlik özelliği ise cerrahi ve Hepatit B, Hepatit C veya AIDS gibi sorunu olan hastaların tedavisinde hastanın kanının ve mikropların sağlık çalışanlarına geçmesini önlemek için kullanılmaktadır. Diğer önemli bir faktörde hava geçirgenliğidir. Kumaşların hava geçirgenlik özelliği, üretildikleri malzemeye göre değişmektedir. Buharlaşmaya müsait ve tenin dışarıya ter buharı şeklinde transferine izin veren medikal giysiler vücudun ısı dengesini korurlar. Yeterli buharlaşma ve transfere izin vermeyen giysiler ise vücut ısı dengesini bozarak rahatsızlığa neden olurlar. Tek kullanımlık

ürünlerde kullanılan kumaşlar arasında en iyi nefes alabilme ve termal dengeleyici özelliklere sahip ürünler, spunlace teknolojisi ile üretilmiş dokusuz yüzey kumaşlardır. Polipropilen esaslı ve piyasada en çok bulunan SMS veya spunbond türü hammaddelerden üretilmiş ürünler, uzun kullanımlarda terleme yapabilmektedirler. Sonuç olarak, kumaşın sahip olduğu nem – buhar geçirgenliği, her ne kadar cerrahi ortam koşulları sabitlense de, soğuk olabilecek ortamlarda vücutta üşüme hissine; sıcak olabilecek ortamlarda da vücutta yapışkanlık hissine yol açmamalıdır [5].

Cerrahi giysilerin ölçüleri çalışanın hareketlerini kısıtlamamalıdır. Giysileri oluşturan materyallerin sahip olması gereken diğer bazı özellikler ise bakteri/virus geçişine engel olması, sterilizasyona uygun olması, uzun işlemlere dayanıklı olması, katlanma durumunda buhar geçirebilmesi, ıslakken dayanıklı ve su geçirmez olması, kullanılan boyaların haslıklarının yüksek ve cildi tahriş etmeyecek şekilde olması, rengi çalışanların gözlerini yormaması, tüylenmeye (pilling) karşı direncinin yüksek olması, kopma dayanımının yüksek olması, kullanıcının vücudunda gereğinden fazla nem oluşturmaması ve yıkanabilir olması gerekmektedir [6].

MALZEME VE YÖNTEM

Malzeme

Hastanede kullanılan mevcut tek kullanımlık tulumlara alternatif olarak geliştirilen çok kullanımlık tulumların kumaş özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Kumaşların hammaddesi %100 Polyesterdir.
- İnsan vücuduna/kıyafetine temas eden iç yüzey sıvı emiciliği yüksek mikro polyester, dış yüzeyi de antiviral özellikli, sıvı geçirmez membran ile kaplanmıştır.
- Kumaş gramajı 110 gr/m²,
- Kumaş çözgü sıklığı 38 tel/cm², atkı sıklığı 26 tel/cm²,
- Kumaşlar yıkanabilir özelliktedir.
- Kan ve vücut sıvılarına karşı dirençlidir.
- 1. anket çalışmasında kullanılan Tulum kumaşı yeşil, iyileştirmelerin yapıldığı 2. Anket çalışmasındaki tulum kumaşının rengi mavidir.

Şekil 2'de ilk(yeşil) ve ikinci (mavi) çalışma için üretilen tulumlar gösterilmektedir.



Şekil 2: İlk(yeşil) ve ikinci(mavi) anket çalışması için üretilen tulumlar

Yöntem

Bu bölümde, Adana Seyhan Devlet Hastanesi Covid Yoğun Bakım Ünitesi'nde çalışan personellerin 2021 Nisan-Mayıs döneminde 2 ay süreyle kullandıkları çok kullanımlık koruyucu tulumlardan beklentilerini belirlemek amacıyla yüz yüze anket çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mevcutta hastanede tek kullanımlık koruyucu tulumlar kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında tek kullanımlık tulumlara alternatif olarak geliştirilen çok kullanımlık koruyucu tulumların kullanımına ait yoğun bakım çalışanlarından memnuniyet düzeylerini Tablo 1 de gösterilen 1 ile 5 arasında derecelendirmeleri istenmiştir.

Tablo 1. Memnuniyet düzeyleri ve ölçek değerleri

Memnuniyet Düzeyi	5'li Likert Ölçeği Değeri
Çok Memnunum	5
Memnunum	4
Ne Memnunum Ne Değilim	3
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	1

Araştırmanın çalışma grubu 18 kişiden oluşmaktadır. Bir ay boyunca her nöbette kişi başına 3 adet çok kullanımlık tulum verilmiş ve ay sonunda Tablo2'deki sorulara verilen cevaplara göre memnuniyet düzeyleri belirlenmiştir.

Tablo 2. Anket soruları

		Çok memnunum	Memnunum	Ne memnunum ne değilim	Memnun değilim	Hiç memnun değilim
1	Tulumun konforu	5	4	3	2	1
2	Tulumun terletme düzeyi	5	4	3	2	1
3	Tulumun ergonomisi	5	4	3	2	1
4	Tulumun kalitesi	5	4	3	2	1
5	Tulumun transferi	5	4	3	2	1
6	Tulumun su geçirme durumu	5	4	3	2	1
7	Tulumdan memnuniyetiniz	5	4	3	2	1

Anket sorularına verilen cevapların değerlendirilmesinde Tablo3'deki aralıklar kullanılmıştır. Aralıkların eşit olduğu varsayılmış ve aritmetik ortalamalar için puan aralığı 0,80 olarak hesaplanmıştır.

(Puan Aralığı = (En Yüksek Değer – En Düşük Değer)/5 = (5 – 1)/5 = 4/5 = 0,80). Bu hesaplama göre aritmetik ortalamaların değerlendirme aralıkları Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3. Beşli Likert Ölçeğine Göre Aritmetik Ortalamaların Değerlendirme Aralığı

Aralık	Seçenek
1,00-1,80	Hiç Memnun Değilim
1,81-2,60	Memnun Değilim
2,61-3,40	Ne Memnunum Ne Değilim
3,41-4,20	Memnunum
4,21-5,00	Çok Memnunum

BULGULAR

Tek ve çok kullanımlık tulum ile ilgili Covid yoğun bakım ünitesinde çalışan 18 kişilik personele uygulanan ankete verilen cevaplar incelendiğinde, aşağıdaki bulguların ortaya çıktığı görülmektedir. Çalışma 2 aşamalı olarak yürütülmüştür.

1. Aşamada Gerçekleşen Anket Bulguları

18 kişilik katılımcıdan oluşan araştırma grubunda 1 kişi tüm sorulara Hiç Memnun Değilim(1) yanıtı vererek en düşük skoru (7) almış, 1 kişi ise tüm sorulara Çok Memnunum(5) yanıtını vererek en yüksek skoru (35) almıştır. 1 katılımcı ise sorulardan bir tanesine cevap vermediği için ilgili soruda değerlendirmeye alınamamıştır.

Tablo 4. Tulumun konforu ile ilgili anket sonuçları

1- TULUMUN KONFORU	
Çok Memnunum	2
Memnunum	8
Ne Memnunum Ne Değilim	2
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	4
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,11 değeriyle "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Kumaşın koruyucu özelliği sağlık çalışanları tarafından terletmeme özelliği ile birlikte konforlu olarak tercih edilmiştir.

Tablo 5. Tulumun terletme düzeyi ile ilgili anket sonuçları

2- TULUMUN TERLETME DÜZEYİ	
Çok Memnunum	6
Memnunum	7
Ne Memnunum Ne Değilim	1
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	2
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede tulum terletme düzeyi ortalama 3,72 değeriyle "memnun" olarak değerlendirilmiştir. Çalışanlar her nöbette 2 tulum kullanmıştır.

Tablo 6. Tulumun ergonomisi ile ilgili anket sonuçları

3- TULUMUN ERGONOMİSİ	
Çok Memnunum	3
Memnunum	4
Ne Memnunum Ne Değilim	3
Memnun Değilim	7
Hiç Memnun Değilim	1
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,05 değeriyle "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Çalışanlar, aynı kumaştaki tulum yerine uzun cerrahi önlüklerin kullanımını önermiştir. Sonraki süreçler için kullanım kolaylığı nedeniyle bu öneri dikkate alınarak sağlık çalışanları için aynı kumaştaki yıkanabilir cerrahi önlük üretilmesi kararlaştırılmıştır.

Tablo 7. Tulumun kalitesi ile ilgili anket sonuçları

4- TULUMUN KALİTESİ	
Çok Memnunum	2
Memnunum	2
Ne Memnunum Ne Değilim	4
Memnun Değilim	7
Hiç Memnun Değilim	3
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 2,61 değeriyle "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Çalışanlar kumaş kalitesinden memnun olmalarına rağmen aynı kumaştaki yıkanabilir, uzun cerrahi önlükleri tercih ettiklerini belirtmişlerdir.

Tablo 8. Tulumun kullanıcıya ulaştırılması/transferi ile ilgili anket sonuçları

5- TULUMUN TRANSFERİ	
Çok Memnunum	1
Memnunum	2
Ne Memnunum Ne Değilim	4
Memnun Değilim	5
Hiç Memnun Değilim	6
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 2,27 değeriyle "memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Üretici firmanın tulumları yıkaması çalışanlar tarafından tercih edilmemiştir. Bu sebeple 2. Aşamada kişiye özel tulumların yıkanma işlemi hastanenin kendi bünyesinde bulunan çamaşırhanesinde gerçekleştirilmesi yönünde karar alınmıştır. Bu aşamada, hastane yönetiminin süreci planlaması gerekmiştir.

Tablo 9. Tulumun su geçirme durumu ile ilgili anket sonuçları

6- TULUMUN SU GEÇİRME DURUMU	
Çok Memnunum	1
Memnunum	8
Ne Memnunum Ne Değilim	5
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	1
Cevap Veren Kişi Sayısı	17

17 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,35 değeriyle tulumun su geçirme durumu "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. 1 ay boyunca yaklaşık 30 yıkama da tulumun kumaşı su geçirmezlik özelliğini korumuştur.

Tablo 10. Tulumun genel memnuniyet durumu ile ilgili anket sonuçları

7- TULUMDAN MEMNUNİYETİNİZ	
Çok Memnunum	1
Memnunum	7
Ne Memnunum Ne Değilim	6
Memnun Değilim	3
Hiç Memnun Değilim	1
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

18 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,22 değeriyle tulumun genel memnuniyet durumu "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Katılımcıların endişe ve

rahatsızlıkları ilk aşamada sorulduğunda aşağıdaki geri dönüşler alınmıştır.

6 Kişi: Tulumun beden ölçülerinin kendi beden ölçüleri ile uyuşmadığını,

4 Kişi: Tulumun dar olduğunu ve dolayısıyla giyinme ve çıkarma esnasında zorluk yaşadığını,

2 Kişi: Tek kullanımlık tulumu göre daha çok terlediğini,

1 Kişi: Tulum kapüşonunu taktığında hareket zorluğu yaşadığını,

1 Kişi: Mevcutta kullanılan tek kullanımlık tulumlar ile devam edilmesinin daha mantıklı olacağını 1 Kişi: Tulumların yıkandığında temizlik ve hijyen konusunda endişeleri olduğunu,

1 Kişi: Tulumun kol ağzlarının ribana olması gerektiğini,

1 Kişi: Tulumun fermuar yerinin olduğu yerden daha aşağıya alınmasını

Kullanıcılardan 11 kişinin özellikle tek kullanımlık tulumlara göre daha az terlediğini belirtmeleri üzerine 10'lu likert ölçeğinde (1:en yüksek 10: en düşük) anket uygulanmıştır. Tablo 11'de görüldüğü gibi tek ve çok kullanımlık tulumlar arasında belirgin bir fark mevcuttur. Katılımcıların çok kullanımlık tulumlarda kendilerini daha konforlu hissettikleri anlaşılmaktadır. Bu aşamada aynı kumaş kalitesinden tulum yerine 2 parçalı üniforma ya da uzun cerrahi önlük üretilmesi yönünde talepler belirtilmiştir.

Tablo 11. Tek kullanımlık tulumla çok kullanımlık tulum arasındaki terletme düzeyi

Terletme düzeyi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	ort
Tek kullanımlık tulum	10	9	9	9	9	9	9	9	6	7	9	8,64
Çok kullanımlık tulum	2	3	2	1	0	3	2	2	7	9	2	3

2. Aşamada Gerçekleşen Anket Bulguları

Adana- Seyhan Devlet Hastanesi Covid Yoğun Bakım Servisi 18 çalışanından gelen talepler üzerine 2. aşamada tulumun kalıp ve tasarımında değişiklikler yapılmıştır. 2. Aşamada standart ölçüler belirlenerek tulumlar tekrar üretilmiştir. Tulum boyları 1.64-1.70 arası S beden, 1.76 ya kadar M beden, 1.81 e kadar L beden, 1.87 ye kadar XL beden, 1.94 e kadar XXL beden ve 1.94-2 metre arası XXXL beden olarak üretilmiştir. Kol ağzları gelen talepler doğrultusunda lastik yerine ribana kumaştan üretilmiştir. İlk aşamada katılımcı olarak yer almış 18 kişilik araştırma grubundan 16 kişi ile tekrar araştırma grubu oluşturulmuştur. En düşük skor 19 iken; 2 kişinin tüm sorulara "Çok Memnunum (5)" yanıtını vererek en yüksek skor 35 olmuştur.

Tablo 12. Tulumun konforu ile ilgili anket sonuçları

1- TULUMUN KONFORU	
Çok Memnunum	7
Memnunum	6
Ne Memnunum Ne Değilim	1
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 4,12 değeriyle tulum konforu "memnun" olarak değerlendirilmiştir. Sağlık çalışanları kumaşın antivirüs koruyucu özelliği beraberinde kumaşın çalışmaları esnasında terletmeme özelliği ile birlikte tulumu konforlu bulduklarını belirtmişlerdir.

Tablo 13. Tulumun terletme düzeyi ile ilgili anket sonuçları

2- TULUMUN TERLETME DÜZEYİ	
Çok Memnunum	6
Memnunum	8
Ne Memnunum Ne Değilim	1
Memnun Değilim	1
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	18

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede tulumun terletme düzeyi ile ilgili 14 kişi memnun ve çok memnun olarak fikirlerini belirtmişlerdir. Tulumun terletme düzeyi ortalama 4,19 değeriyle "memnun" olarak değerlendirilmiştir. Çalışanlar her nöbette 4 saat ara ile 2 tulum kullanmışlardır.

Tablo 14. Tulumun ergonomisi ile ilgili anket sonuçları

3- TULUMUN ERGONOMİSİ	
Çok Memnunum	6
Memnunum	2
Ne Memnunum Ne Değilim	2
Memnun Değilim	6
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3.5 değeriyle tulumun ergonomisi ile ilgili olarak "memnun" sonucu alınmıştır. Çalışanlar kullanım kolaylığı nedeniyle aynı kumaştan yıkanabilir, uzun cerrahi önlükleri tercih ettiklerini bu aşamada tekrar belirtmişlerdir. Çalışanlar tek parça olan tulumun giyip çıkarma esnasında zorlandıklarını bu sebeple genel olarak tulumu tercih etmediklerini ifade etmişlerdir.

Tablo 15. Tulumun kalitesi ile ilgili anket sonuçları

4- TULUMUN KALİTESİ	
Çok Memnunum	3
Memnunum	2
Ne Memnunum Ne Değilim	8
Memnun Değilim	3
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,31 değeriyle tulum kalitesi "ne memnun ne memnun değil" olarak değerlendirilmiştir. Burada katılımcıların kararsız kalma sebebi, tulum yerine aynı kumaştan, uzun cerrahi önlükler ile daha konforlu olacaklarını düşümleridir. Ayrıca mevcut durumda sadece tek kullanımlık tulum kullanmaları sebebiyle oluşan alışkanlıkların da kalite konusunda kararsız kalmalarında etki etmiştir.

Tablo 16. Tulumun transferi ile ilgili anket sonuçları

5- TULUMUN TRANSFERİ	
Çok Memnunum	4
Memnunum	3
Ne Memnunum Ne Değilim	6
Memnun Değilim	3
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,5 değeriyle tulum transferi (kullanıcıya ulaşma aşamaları) "memnun" olarak değerlendirilmiştir. Birinci aşamada yapılan anket çalışmalarında katılımcılar kendilerine ait özel tulumların yıkanmasını, paketlenmesini ve teslimatını üretici firma yerine hastane tarafından yapılmasının daha güvenli olacaklarını belirtmişlerdir. Bu geri bildirim üzerine tulumlar hastanenin çamaşırhanesinde yıkanmaya başlanmış ve çalışanların memnuniyet düzeyi önceki duruma göre artmıştır.

Tablo 17. Tulumun su geçirme durumu ile ilgili anket sonuçları

6- TULUMUN SU GEÇİRME DURUMU	
Çok Memnunum	6
Memnunum	3
Ne Memnunum Ne Değilim	5
Memnun Değilim	1
Hiç Memnun Değilim	1
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,75 değeriyle tulumun su geçirme düzeyi "memnun" derecesine yükselmiştir. 1 ay boyunca kullanılan tulumların kumaşlarının su geçirmezlik özelliğini koruduğu görülmüştür.

Tablo 18. Tulumun genel memnuniyet durumu ile ilgili anket sonuçları

7- TULUMDAN MEMNUNİYETİNİZ	
Çok Memnunum	4
Memnunum	4
Ne Memnunum Ne Değilim	6
Memnun Değilim	2
Hiç Memnun Değilim	0
Cevap Veren Kişi Sayısı	16

16 çalışan üzerinden yapılan değerlendirmede ortalama 3,62 değeriyle tulumdan genel memnuniyet derecesi "4-memnun" olarak değerlendirilmiştir

GENEL SONUÇLAR

Anket çalışması yapılan hastanede mevcutta tek kullanımlık koruyucu tulumlar kullanılmaktadır. Bu tulumlar, özellikle COVID-19 Pandemi döneminde DMO (Devlet Malzeme Ofisi) tarafından sağlık çalışanlarına ücretsiz dağıtılmaktadır. Katılımcılar, tek kullanımlık tulumlarda özellikle terleme problemi ile karşı karşıya kaldıklarını ve bulundukları bölge itibarıyla (Adana) bu probleminden çok daha fazla etkilendiklerini belirtmişlerdir.

Katılımcılar çok kullanımlık tulumu ilk kez deneyimlemişlerdir. Bu sebeple ilk etapta tulumların kendilerini virüslere ve sıvılara (kan,vücut sıvısı vs) karşı korumada yetersiz kalacağı yönünde endişe etmişlerdir. Tulum kumaşının antivirüs ve su geçirmezlik test sonuçlarının standartlara uygun olduğu kendileri ile paylaşıldıktan sonra çalışmaya katılmışlardır. Katılımcılar konforu anlayabildiklerini fakat koruyucu tulumların test sonuçları nı bilmeleri halinde kendilerini daha güvende hissettiklerini belirtmişlerdir.

İlk aşamada geliştirilen tulumlar her katılımcıya 4 saat arayla 2 adet verilmiş ve 1 ay sonraki endişe ve rahatsızlıkları (kalıp sorunları, dar olduğu için giyme çıkarmada zorluk, kol ağzlarının normal lastik olması, fermuarın yeri gibi tasarım ve ergonomi problemleri) belirlenmiştir. İyileştirilmiş çok kullanımlık tulumlar ile ikinci bir anket çalışması daha yapılmıştır.

1 ay boyunca çoklu yıkamalara karşı tulumların deforme olmaması ve su geçirmezliklerini koruyor olması kullanıcılarda ürüne karşı güven oluşturmuştur. Bu durumun devletin ödenekleri ile alınan ve sadece tek bir kez kullanılıp çöpe atılan tek kullanımlık tulumlardaki israfı ve geri dönüştürülemeyen tıbbi atık miktarını azaltabileceğini belirtmişlerdir.

İlk aşamada geliştirilen tulumların memnuniyet düzeyinde kararsızlık var iken 2. Aşamada iyileştirilmiş tulumların kullanımı ile ilgili genel olarak memnun kalınmıştır.

Özellikle tulum kumaşlarının koruyuculuk özellikleri(kan, vücut sıvıları vb maddelere karşı geçirmezlik ve virüslere karşı koruyucu olması) ve

beraberindeki terletmeme özelliği katılımcıların en çok beğendikleri özellik olmuştur.

Ankete katılan Covid yoğun bakım çalışanlarına isimleri yazılı tulumlar teslim edilmiştir. Çalışanlar kendilerine ait tulumların yıkanma ve paketlenmesi işlemlerinin kontrollü bir şekilde hastane bünyesinde yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Önce üretici firma tarafından yapılan yıkama, paketlenme ve kişiye yapılan teslimat 2. Aşamada hastane tarafından yapılmış ve memnuniyet düzeyi “memnun-4” olarak belirlenmiştir. Geliştirilen tulumların genel itibarıyla memnuniyet düzeyleri 5 üzerinden 4 değerini almış ve katılımcılar geliştirilen çok kullanımlık koruyucu tulumdan memnun kalmışlardır.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Çalışma bulguları, araştırmanın örneklem grubu ile kısıtlı olduğu için daha fazla hastane ve daha farklı bölümlerde de daha kapsamlı bir araştırma yapılabilir.

Tulum kumaşlarını beğenen katılımcılar aynı kumaştan ayak bileklerine kadar uzun olan cerrahi önlüklerin üretilmesini talep etmişler ve tulumlar yerine bu ürünlerin daha ergonomik olacağını belirtmişlerdir. Talep edilen önlükler ile koruyucu tulumların karşılaştırıldığı bir çalışma yapılabilir.

Anketler yoluyla yapılan bu çalışmayı Tasarım Odaklı Düşünce (Design Thinking) tekniği ile yapılabilir ve böylelikle deneyimleyen kişilerin kullandıkları ürünler hakkında ne hissettikleri çok daha detaylı öğrenilebilir. Tekrarlı yıkamalara rağmen tıbbi koruyuculuğunu (antivirüs, antibakteriyel, sıvı geçirmez vb) kaybetmeyen çok kullanımlık medikal ürünlerin enfeksiyon ile mücadelede hasta ve sağlık çalışanlarının korunmasında tıbbi cihaz olarak değerlendirilebilmesi noktasında çalışmalar yapılabilir.

Tıbbi koruyuculuk (antivirüs, sıvı iticilik/geçirmezlik) özelliklerinden dolayı çok kullanımlık ürünlerin tıbbi atık olup olmadığı noktasında çalışmalar yapılabilir.

Tek kullanımlık koruyucu ürünlerin geri dönüştürülememesi ve tek bir kez kullanılabilirliği nedeniyle ortaya çıkan maliyetin çok kullanımlık ürünlerin maliyeti ile karşılaştırılacağı çalışmalar yapılabilir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Geliştirilen tulum ve kumaşların üretimini sağlayan Dörtboyut Sağ. Hiz. Med. Konf. San. Tic. Ltd. Şti'nin Genel Müdürü Ümit Çelik'e,

Anket çalışmasının yapıldığı Adana Seyhan Devlet Hastanesi yönetimi ve çalışanlarına,

Adana Sağlık İl Müdürlüğü'ne ait Ar-Ge ve Proje İl Koordinatörlüğü çalışanlarına, teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- 1) <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66439/c.html>
- 2) <https://covid19.who.int/table/> (Erişim tarihi 14.02.2022)
- 3) COVID-19'dan Korunmak için Kişisel Koruyucu Ekipman Kullanımı, Editörler: Kenar,L., Pakdemirli,A.

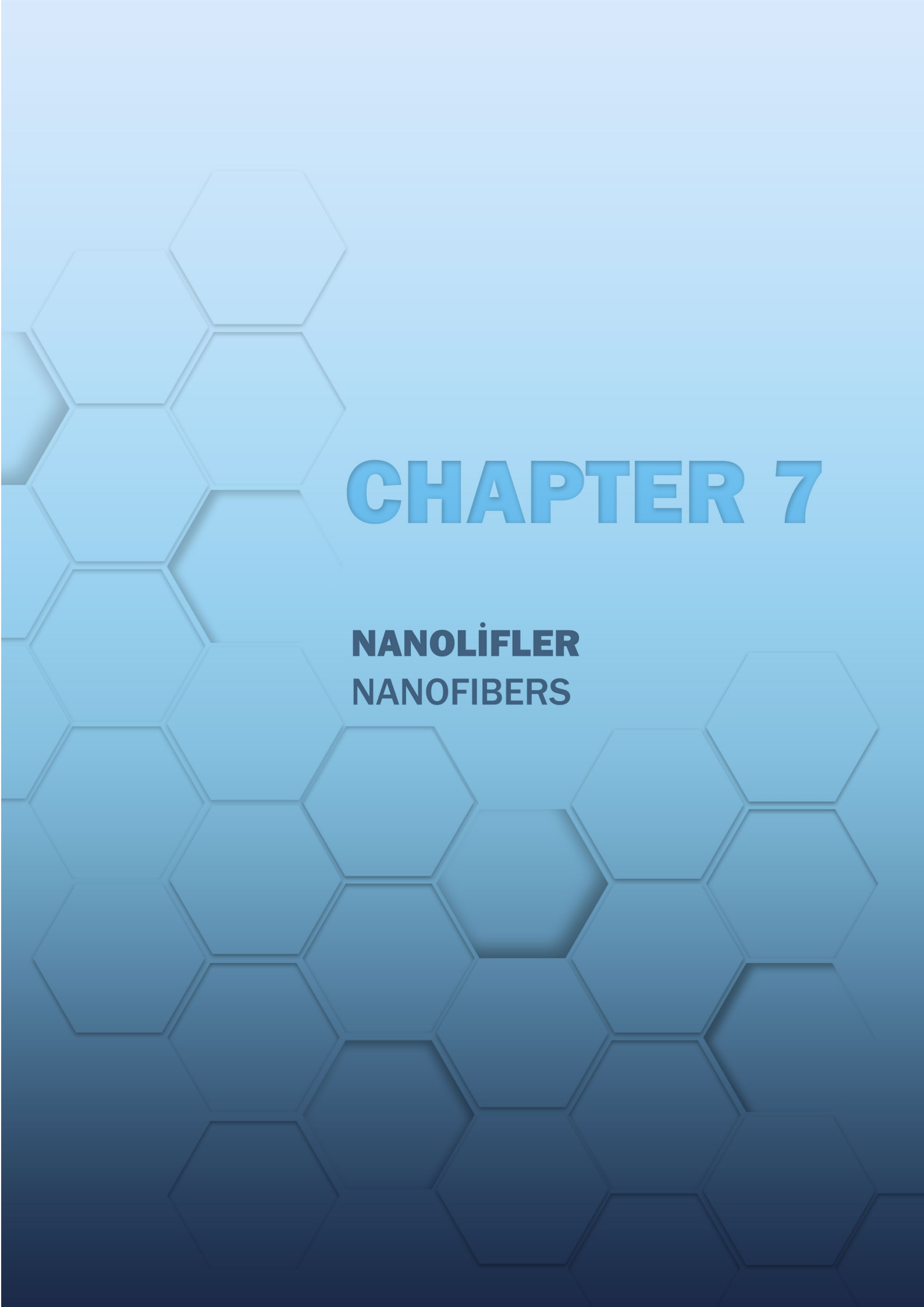
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıbbi KBRN Anabilim Dalı,Ankara(2020), ISBN: 978-605-80777-4-4

4)

<https://i.pinimg.com/originals/c0/37/85/c03785952bae19b78d1ca121e013d6a8.jpg>

5) Pamuk,O.(2006) , “Cerrahi Personel ve Hastanın Kullanımına Yönelik İşlevsel Medikal Ürünlerin Geliştirilmesi” Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

6) Pamuk, O., (2002), “Cerrahi Operasyonlarda Kullanılan Giysilerin Çalışma Ortamına Uyumluluğunun Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir



CHAPTER 7

**NANOLIFLER
NANOFIBERS**

Effect of Needle Heating on the Sewing of Medical Textiles

Adnan Mazari



Liberec University, CZECH REPUBLIC

Abstract:

The keynote lecture is related to the sewing of medical textile. Garments like gowns, scrubs and even disposable uniforms are all stitched by sewing machines. These garments are mostly made from Poly Propylene (PP) or Polyester due to durability, antibacterial performance and functionality. The demand of these garments has significantly risen from the last few year and the sewing machines are able to stitch at extremely high speeds. But the higher speeds of swing causes burnt sport on fabric, lower seam strength and also decrease in production due to thread breakage. In this research I have deeply discussed how the medical textile loses its strength and functionality due to higher speed of sewing, this problem is often neglected due to higher demand of production. The research is based on the PP medical gowns stitched with Polyester (PET) threads at different speeds of sewing. The experimental work is also followed by the theoretical explanation of needle heating due to stitching of medical textiles.

Modelling of Textile Structures: From the Approach to the Reality

Savvas Vassiliadis and Argyro Kallivretaki



University of West Attica, Athens, Greece

Abstract:

More than hundred years there is a continuous attempt to create models of the textile structures, mainly in order to predict their properties in the design phase and before their production. In the first period the efforts were focused on the analytical geometrical representation and mechanical behavior of the woven fabrics. Later the interest was expanded to knitted fabrics. Experimental devices have been used for the evaluation of the results. The first computational models appeared practically in the seventies. By the increase of the computing power, gradually the accuracy increased and the calculation time decreased allowing the effective use of the models. The Finite Elements Method has been the most important tool for the development of realistic models.

The development of advanced commercial computational platforms allowed the incorporation of the geometrical and mechanical non-linearities. Recently the computational modelling has been expanded in the more complex area of the viscoelastic analysis. The later make possible the development of the creep and relaxation models, especially useful for technical applications of textiles.

Very useful computational facilities permit the approach of the modelling through the adaptation of the structure properties using experimental data instead of the traditional detailed geometrical approach, which is exceptionally difficult for the complex textile structures. The continuous accuracy and efficiency increase of the textile models supports the prediction of the mechanical properties and the efficiency of the design process.

Production of Macroporous Reduced Graphene Oxide Aerogel in Thin Film Form *via* Electrospinning Technique

BAS, Harun¹, DEVECI, Hatice¹, BUTUN SENGE, Sultan², BUTUN, Vural³

¹Eskisehir Osmangazi University, Polymer Science and Technology Department, Eskisehir, 26480, Turkey, ²Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biomedical Engineering, Eskisehir, 26480, Turkey, ³Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, Eskisehir, 26480, Turkey
basharun4@gmail.com

BAS, Harun (0000-0001-6783-4964)

DEVECI, Hatice (0000-0002-7386-2213)

BUTUN SENGE, Sultan (0000-0001-7036-2224)

BUTUN, Vural (0000-0003-4542-5080)

SUMMARY

In this study, the synthesizing graphene oxide (GO) and the production of GO embedded aerogel in polyacrylonitrile (PAN) template by electrospinning technique was studied. In this context, firstly, PAN nanofibers were produced and then GO embedded PAN (GO-PAN) nanofibers were produced by electrospinning device. In both productions, the pump flow rate, the distance between the plates and the needle-tip and the voltage were kept constant. Then, GO-PAN nanofibers were reacted with a reducing agent to reduce the GO in it. A process was carried out to remove PAN from this reduced material. Finally, their structures were elucidated by FT-IR and SEM analysis. Consequently, aerogel produced in thin film structure is a promising material.

PURPOSE

In this study, it was aimed to produce macro-porous reduced graphene oxide aerogels (rGO-aerogel) in the form of thin films. GO embedded thin films were produced in PAN template by electrospinning technique.

INTRODUCTION

Electrospinning equipment briefly consists of a syringe, a pump for pumping the polymer solution, a high-voltage power supply, and an electrically conductive collector to direct the fibers to the plate.¹ In conventional spinning processes, the driving forces are mechanical tensile and stretching forces, while in electrospinning these forces are based on electrostatic interactions. As the solvent evaporates rapidly during the spinning process, the diameter of the fibers get constantly smaller. This leads to the formation of an ultra-thin fiber. Then, the charged fiber is deposited on

the grounded collector placed under the array because of electrostatic attraction (Figure 1).

Depending on the properties of the solution and other electrospinning parameters, the diameter of the fiber can be produced in a wide range from tens of nanometers to several micrometers.²

Although the electrospinning process is a simple in theory, it is not always possible to apply this technique to the production of high-quality fibers. Thanks to the various physical, chemical, or biological properties of the fibers produced by the electrospinning technique, which has become increasingly popular in recent years, it is used in many applications such as filtration, wound dressing, drug delivery, tissue engineering, living membranes, sensors etc.³⁻⁷

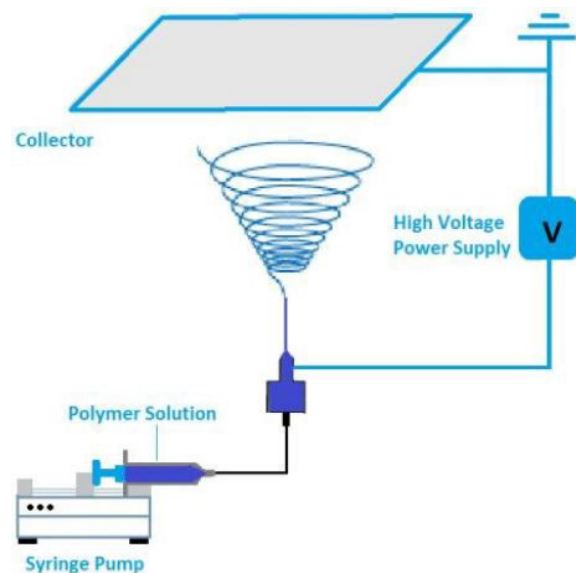


Figure 1. Schematic representation of electrospinning device

Polyacrylonitrile (PAN) is one of the most preferred polymers in electrospinning fiber production due to its high tensile strength, mechanical and thermal stability, and resistance to solvent and abrasion. Such nano-sized fibers are also quite popular in tissue

engineering, biosensors, or fuel cell devices, etc.⁸ Besides forming stable nano-sized fibers, PAN also has the capacity to form hydrogels.⁹

Graphene is a two-dimensional carbon material that is attracting great attention due to its outstanding mechanical, thermal and optical properties. The oxidized form of graphene, which is commonly synthesized by oxidation of graphene by various techniques, is called graphene oxide (GO).¹⁰ Oxygenated groups in its structure provide GO with various impressive physicochemical properties including chemical reactivity, electronic, mechanical, thermal, optical, and electrochemical properties. These oxygenated functional groups can help as active points to constrain numerous electroactive species such as chemical modification of GO or making it more functional. Consequently, the physicochemical behaviors of GO can be chemically, thermally, and electrochemically tuned.¹¹ Recently, GO and reduced graphene oxide (rGO) have received a lot of attention because of their surface functionality¹². Various methods for the reduction of GO, such as electrochemical reduction, photoreduction, solvothermal reduction, microwave reduction, and chemical reduction, have been investigated in comparability with each other.¹³ One of the most preferred methods of reducing GO to prepare rGO is the use of chemical reducers. The most used reducing agents include hydrazine hydrate,¹⁴ ascorbic acid,¹⁵ hydrazine,¹⁶ hydriodic acid,¹⁷ and sodium borohydride.¹⁸

To take full advantage of graphene's properties, it is necessary to transform 2D material into 3D structures. To achieve this, certain methods should be applied. For this reason, it is very important to produce and characterize graphene materials with a three-dimensional (3D) structure, such as aerogels, hydrogels and macroporous films.

Among these structures, aerogels hold great promise and are intensively researched.¹⁹ Yu et al. lyophilized graphene oxide (GO)-chitosan (CS) composite to prepare GO-CS aerogel for Cu²⁺ removal. The produced aerogel was a good adsorbent for Cu²⁺ with a large adsorption capacity of 2.54×101 mg/g according to the Langmuir model. Higher pH, lower ionic strength and higher temperature were found to benefit Cu²⁺ adsorption on GO-CS. It is thought that the results will benefit the ongoing graphene-based aerogel adsorbent research.²⁰

In this study, GO was first synthesized. Then, GO was embedded in PAN and thin film was produced by electrospinning technique. Then, GO was reduced, and PAN used as a template was tried to be removed. In this way, it was aimed to produce the macroporous rGO aerogel in a thin film-like structure with a different technique.

EXPERIMENTAL

Material

Polyacrylonitrile (PAN) (MW: 150000 g/mol) was supplied by Carbosynth. Dimethylformamide (DMF) from Carlo Erba, graphite, and tween 80 from Sigma Aldrich and hydrogen peroxide (H₂O₂) were purchased from Honeywell. Hydrogen chloride (HCl), hydrazine hydrate (80% solution in water), sodium nitrate (NaNO₃), sulfuric acid 98% (H₂SO₄) and potassium permanganate (KMnO₄) were provided by Merck.

Method

GO synthesis: Graphene oxide was synthesized by modified Hummer's method through oxidation of graphite. The synthesis steps are as follows:

1- In a 1000 mL flask kept under ice bath (0-5°C) with constant stirring, graphite flakes (0.5 g) and NaNO₃ (0.5 g) were mixed in 22.5 mL of H₂SO₄ (98%).

2- The mixture was stirred at this temperature for 2 hours and potassium permanganate (3 g) was added very slowly to the suspension. During the addition, care was taken that the reaction temperature did not exceed 15 °C.

3- 46 mL water was added very slowly dropwise to the mixture and kept stirring for 2 hours. The ice bath was then removed, and the mixture stirred at 35°C for an additional 2 hours.

4- The mixture was maintained in a reflux system at 98°C for 10-15 minutes. After 10 minutes, the temperature was reduced to 30°C to obtain a brown colored solution.

5- After 10 min temperature changed to 25°C and kept the temperature for 2 hours.

6- 10 ml of hydrogen peroxide was added dropwise to the mixture, and it was observed that the color of the mixture turned light yellow.

7- 50 ml of water was taken into two separate beakers, added in equal volume, and mixed for 1 more hour.

8- Then it was left unmixed for about 4 hours and the particles are expected to settle to the bottom. the remaining water was filtered.

9- The resulting mixture was washed with 10% HCl and then deionized (DI) water by repeated centrifugation until pH-neutral.

10- After centrifugation, the material was dried under vacuum at 60°C for more than 6 hours and the GO was ready for use.

Preparation of PAN fiber PAN-GO fiber: 1.0 gram of PAN was added to 10 ml of DMF solvent, and the mixture was allowed to dissolve in a magnetic stirrer for 24 hours. Then, it was prepared in the same proportions of this solution and 5% (w/w) GO was added into it. Then, 1.0 mL of tween 80 (stabilizer) was added to the solution to stabilize GO and allowed

to dissolve in a magnetic stirrer for 24 hours. The solutions were spun using an Inovenso NE200 electrospinning device with a DC voltage of 15.5 kV and a distance between the plate and the tip were 15 cm. The pump flow rate of 1.20 mL/h was kept constant throughout the process. After this process, we had one control fiber sample (PAN) and one GO-embedded PAN (GO-PAN) fiber.

Reduction of GO: Hydrazine hydrate (HH) was chosen as the reducing agent for the reduction of GO embedded in the thin PAN fiber. In this context, 10 ml of HH was mixed with 90 ml of DI water. GO-PAN fiber film was put into this solution and mixed at 95 °C for 24 hours. When the reduction of GO's was finished, the fiber film taken from the solution was left to cool. After that reduced GO-embedded PAN (rGO-PAN) fiber was put in DMF to dissolve the PAN used as a template. In this way, it was aimed to dissolve PAN used as a template and to prepare macroporous rGO- aerogel film with high surface area. The schematic representation of all these processes is given in Figure 2.

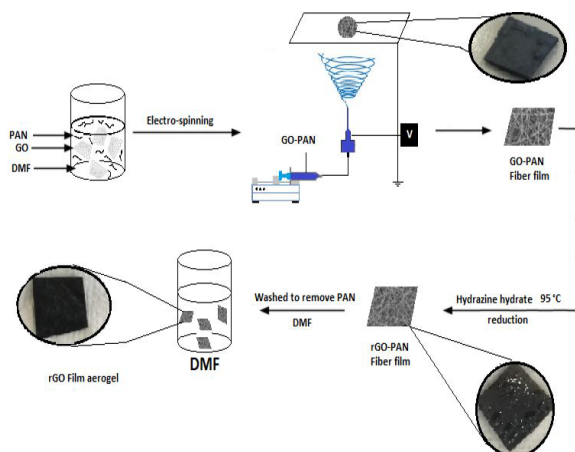


Figure 2. Production process of macroporous GO aerogel

FT-IR, TGA and SEM analyzes were performed for the characterization of the synthesized PAN, GO-PAN and rGO aerogel.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Characterization of PAN, GO-PAN, and rGO-Aerogel: When SEM micrographs were examined, PAN fiber was produced smooth and beadless successfully, as could be seen in Fig 3(a). Fig 3(b) clearly shows the difference between GO embedded PAN and PAN fiber images. In the first image, (Fig 3a) PAN fibers were seen as thin and straight. however, as could be clearly seen in figure 3(b), these

straight and thin fibers seemed to contain GO. This result was due to the thickening of the fibers. Then, we applied a process to reduce the GOs in this GO-PAN fiber produced and washed with DMF to remove PAN. The SEM image of the product we obtained as a result of this process was depicted in figure 3(c). it was clearly seen that a macroporous structure was formed after washing with DMF and the space between the fibers increased.

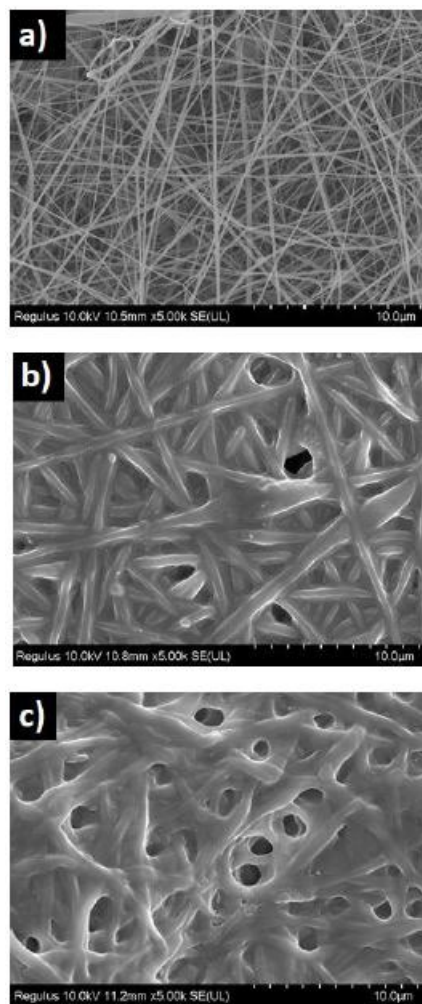


Figure 3. SEM images of PAN fiber (a), GO-PAN (b), rGO-Aerogel (c).

FT-IR spectra were taken with a Bruker Tensor 27 spectrometer in the range 4000–400 cm^{-1} . The bands of 2244 cm^{-1} and 1452 cm^{-1} in the obtained results indicate $\text{-C}\equiv\text{N}$ groups. There were specific peaks belonging to the $\text{-C}\equiv\text{N}$ group in all 3 spectra. However, as the process progresses, the PAN concentration in the materials decreased. Therefore, a decrease in the intensity of the $\text{-C}\equiv\text{N}$ peaks was observed. In the spectrum of GO-PAN and rGO-Aerogel, peaks originating from various oxygen

configurations were seen. The C=O peak was between 1740–1800 cm^{-1} and the C–OH peak was between 3400–3600 cm^{-1} . As a result, we said that GO embedding in GO-PAN and rGP-Aerogel materials had been successfully achieved.

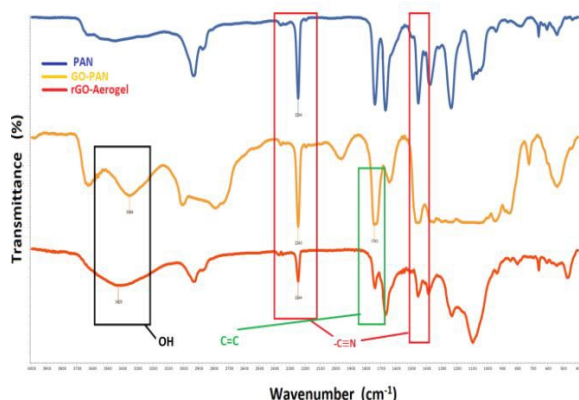


Figure 4. FT-IR spectrum of PAN, GO-PAN and rGO-Aerogel.

With these results, we can say that GO and rGO-Aerogel production in PAN template was successfully performed by electrospinning technique.

CONCLUSIONS

PAN, GO-PAN and rGO-Aerogel were successfully produced by electrospinning technique. With this study, a different perspective was gained in terms of the production of rGO-aerogel with a thin film structure in PAN template. It was considered to be a promising study in biomedical engineering, coatings, and biosensors because it was structurally in the form of thin films.

SUGGESTION FOR FURTHER WORK

In future studies, different reducing agent will be used and template will be completely removed. The difference will be examined with the use of hydrophilic template. The use of these structures as adsorbent, carrier system, sensor, etc. will be tested.

REFERENCES

- 1 Nagrath M, Alhalawani A, Rahimnejad Yazdi A, Towler MR. (2019). Bioactive glass fiber fabrication via a combination of sol-gel process with electrospinning technique. *Materials Science and Engineering C* 101:521-538.
- 2 Li D, McCann JT, Xia Y, Marquez M. (2006). Electrospinning: A simple and versatile technique for producing ceramic nanofibers and nanotubes. *Journal of the American Ceramic Society*. Vol 89.1861-1869.
- 3 Wang X, Ding B, Sun G, Wang M, Yu J. (2013). Electro-spinning/netting: A strategy for the fabrication

of three-dimensional polymer nano-fiber/nets. *Progress in Materials Science*. 58(8):1173-1243.

- 4 Deitzel JM, Kleinmeyer J, Harris D, Tan NCB. (2001) The Effect of Processing Variables on the Morphology of Electrospun Nanofibers and Textiles. *Polymer*. 42:261-272.

5 Agarwal S, Greimer A, Wendorff JH. (2009). Electrospinning of manmade and biopolymer nanofibers - Progress in techniques, materials, and applications. *Advanced Functional Materials*. 19(18):2863-2879.

6 Li WJ, Laurencin CT, Caterson EJ, Tuan RS, Ko FK. (2002). Electrospun Nanofibrous Structure: A Novel Scaffold for Tissue Engineering.

7 Yoshimoto H, Shin YM, Terai H, Vacanti JP. (2003). A biodegradable nanofiber scaffold by electrospinning and its potential for bone tissue engineering. *Biomaterials*. 24(12):2077-2082.

8 Bourourou M, Holzinger M, Bossard F, Hugenell F, Maaref A, Cosnier S. (2015). Chemically reduced electrospun polyacrylonitrile-carbon nanotube nanofibers hydrogels as electrode material for bioelectrochemical applications. *Carbon*. 87(C):233-238.

9 Hoffman AS. (2012). Hydrogels for biomedical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 64(SUPPL.):18-23.

10 Obayomi KS, Lau SY, Danquah M, Chiong T, Takeo M. (2012). Advances in graphene oxide based nanobiocatalytic technology for wastewater treatment. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*.17.

11 Dhamodharan D, Ghoderao PP, Dhinakaran V, Mubarak S, Divakaran N, Byun HS. (2022). A review on graphene oxide effect in energy storage devices. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 106:20-36.

12 Kumar SSA, Bashir S, Ramesh K, Ramesh S. (2021). New perspectives on Graphene/Graphene oxide based polymer nanocomposites for corrosion applications: The relevance of the Graphene/Polymer barrier coatings. *Progress in Organic Coatings*. 154.

13 Kurian M. (2021). Recent progress in the chemical reduction of graphene oxide by green reductants—A Mini review. *Carbon Trends*. 5.

14 Zhu P, Shen M, Xiao S, Zhang D. (2011). Experimental study on the reducibility of graphene oxide by hydrazine hydrate. *Physica B: Condensed Matter*. 406(3):498-502.

15 Zhang X, Sui Z, Xu B, et al. (2011). Mechanically strong and highly conductive graphene aerogel and its use as electrodes for electrochemical power sources. *Journal of Materials Chemistry*. 21(18):6494-6497.

16 Park S, An J, Potts JR, Velamakanni A, Murali S, Ruoff RS. (2011). Hydrazine-reduction of graphite- and graphene oxide. *Carbon*. 49(9):3019-3023.

- 17 Alayande AB, Park HD, Vrouwenvelder JS, Kim IS. (2019). Implications of Chemical Reduction Using Hydriodic Acid on the Antimicrobial Properties of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Membranes. *Small*. 15(28).
- 18 Shin HJ, Kim KK, Benayad A, et al. (2009). Efficient reduction of graphite oxide by sodium borohydride and its effect on electrical conductance. *Advanced Functional Materials*. 19(12):1987-1992.
- 19 Gorgolis G, Galiotis C. (2017). Graphene aerogels: A review. *2D Materials*. 4(3).
- 20 Yu B, Xu J, Liu JH, et al. (2013). Adsorption behavior of copper ions on graphene oxide-chitosan aerogel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 1(4):1044-1050.

Effect of solvent ratio on spinnability of solution blown PVDF nanofibers

SAĞIRLI, Merve Nur^{1,2}, ÇALIŞIR, Mehmet Durmuş³, DEVLİ, Semanur¹, PEKGÖZ Kardelen¹, KILIÇ, Ali^{1,2}

¹Istanbul Technical University, TEMAG Laboratories, ²Areka Filtration Technologies Ltd, ³Rize Recep Tayyip Erdogan University
sagirli@itu.edu.tr

SUMMARY

Nanofibers are advantageous materials in many application areas such as air and water purification, tissue engineering, nanosensors, and so on, by having large surface area to volume ratio¹. Production of nanofibers is provided by various methods. The most common ones are electrospinning, solution blowing and centrifugal spinning¹⁻³. Polyvinylidene fluoride (PVDF) is a versatile polymer having properties as good chemical resistance, thermal stability, good piezoelectric and pyroelectric efficiency².

During production of PVDF nanofibers via solution blowing technique, defected structures like beads, droplets and bundles are obtained. Such defects are caused and affected by various material and system parameters during spinning.

PURPOSE

Purpose of this study is to observe effect of material and system parameters on formation of beads, droplets and fiber bundles on solution blown PVDF nanofibers. The solvent ratio is chosen as variable in case of material parameters, and air pressure is variable of system parameters.

INTRODUCTION

Nanofibers are fibrous materials that have average diameter in nanometer scale. Such structures provide many advantages by having large surface area to volume ratio, versatility, controllable porosity, and used in huge area of application that require advanced engineering materials like energy harvesting and storage, air and water purification, tissue engineering, drug delivery, sensor applications, etc⁴.

Production of nanofibers from polymer melts or solutions is provided via various techniques that require surpassing of surface tension of the aforementioned solution or melt. In order to reach this goal, different driving forces are utilized in various methods. The most common used nanofiber production methods are classified into two main categories as electro- and non-electrospinning techniques. Non-electrospinning techniques commonly include solution blowing and centrifugal spinning systems in order to avoid safety

concerns caused by high voltage electric field that is used in electro- assisted nanofiber spinning techniques⁴.

In nanofiber production, there are many variables such as ambient conditions, solvent and polymer properties that affect the structural morphology of nanofibers. These critical factors need to be taken into account in order to obtain a uniform nanofiber structure, otherwise it may result in different structures in morphology in the form of droplets, beads, fiber bundles. Molecular weight of the polymer, polymer concentration, viscosity and surface tension of the solution, boiling point and volatility of the solvent, nozzle-collector distance, nozzle geometry, humidity and temperature are the parameters that should be optimized during production⁵. According to the literature, choosing a very low molecular weight polymer leads to droplet and bead formation rather than nanofibers, high solution concentration or viscosity results in less bead, droplet and fiber bundles. When solution viscosity is less than a critical value assigned by the balance between solution viscosity and surface tension the amount of droplets and beads in the structure increases. For ambient parameters, an increase in temperature affects fiber morphology by reducing viscosity, while high relative humidity results in more droplet and bead formation⁵⁻⁷.

Solution blow spinning is highly productive and safe technique that uses compressed air as driving force for surpassing surface tension of polymer solution. As seen on Figure 1, there is a concentric nozzle that provides flow of solution in inner side and compressed air through outer side. With the shearing effect of air flow around polymer solution, a spinning jet occurs and solvent in the solution is evaporated, followed by the polymer's having fibrous form and collected onto a surface⁸.

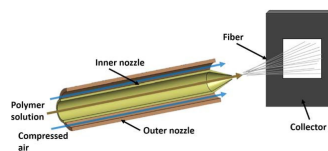


Figure 2. Schematic of solution blowing system⁸.

There are various studies based on solution blow spinning of PVDF nanofibers. In Su et al's research, PVDF powder was dissolved in different ratios of DMF and acetone at 20% concentration. To explore the optimum ratio of solvents, 10 experiments are done with 10 different solvent ratios. Very few droplets are observed at lower magnification at each ratios of solvent solutions. Increasing the acetone ratio in solvent, increased the diameter of nanofibers⁹. In another study by Ruiz et al, the PVDF polymer with 0.1 g/mL concentration was solved in mixture of DMF/Ac liquid. The average diameter of nanofiber was obtained around 350 nm. When FSEM images are examined under different magnifications, droplets are observed¹⁰. According to the study by Liu et al, PVDF solution was prepared with different concentrations (15, 20 and 25 wt%) in different solvent systems (DMF, DMF/Acetone (1/2 w/w). Optimal nanofibers are formed at solution DMF-acetone/20 wt%, the average diameter of PVDF nanofiber membranes is found about 400 nm¹¹.

In this study, a detailed evaluation is executed on effect of solvent ratio and compressed air to spinnability of PVDF solutions via solution blow spinning.

EXPERIMENTAL

Material

Polyvinylidene fluoride (PVDF) powder Kynar Flex 2801-00 was purchased from Arkema Corporate, N,N-Dimethyl formamide (DMF) 99.8% ACS reagent from Sigma Aldrich, Acetone 99.5% from ISOLab. All chemicals were used without further purification.

Method

Production of Nanofibers

Determined parameters for producing PVDF nanofibers are summarized in the Table 1.

Table 2. Nanofiber spinning parameters.

Parameters	Values
Solution concentration	12 wt. %
Solvent ratio (DMF/Acetone)	100/0; 70/30; 50/50; 30/70; 0/100
Air pressure [bar]	2; 3; 4
Distance [cm]	25
Duration [min]	10

PVDF powder was dissolved in DMF, Acetone and DMF/Acetone mixed solvents with 12 wt% concentration. For mixed solvents, the solvent ratio (DMF:Acetone) was determined as 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 and 0:100. The solutions were stirred on a heating magnetic stirrer with temperature of 70 °C, for at least 5 h to have homogenous solution.

Prepared solutions were spun into nanofibers via solution blowing system (AeroSpinner L1.0, Areka). The solutions were fed to the system with the effect of

vacuum that nozzle provides via compressed air. Therefore, the air pressure and solution feed rate was changed directly proportional. Air pressure for production of nanofibers were chosen as 2, 3 and 4 bars and feed rates caused by which were 18, 42 and 66 mL/h, respectively, as shown in the Figure 2.

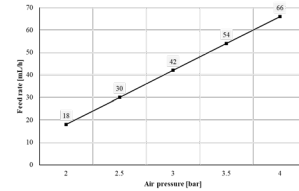


Figure 3. Pressure-feed rate relation of the nozzle used for spinning of PVDF nanofibers.

The nozzle-to-collector distance was fixed to 25 cm, and spinning duration was 10 min.

Characterization

Scanning Electron Microscope (SEM) images are taken to observe morphological structure of fibers. ImageJ software is used for required area and diameter measurements.

Evaluation of Spinnability

The spinnability of PVDF solutions is evaluated according to formed beads, droplets, bundles and fibers from the SEM pictures. The chosen criteria and limits are summarized in the Table 2. Random figures are set as limit values and the spinnability of fibers is graded as “ineffectual” and “effectual” from 1 to 5. The first criteria is selected as the ratio of area covered by beads/bundles to total measurement area. Second criteria is about count of fiber bundles that are compared with count of single fibers on the picture. Third criteria is chosen as one of the important responses of nanofibrous materials, which is fiber diameter.

Table 3. Spinnability evaluation criteria.

Grade	1 st criterion	2 nd criterion	3 rd criterion
1	> 0.5	> 0.5	> 1 μ m
2	0.34 - 0.5	0.34 - 0.5	700 - 1000 nm
3	0.17 - 0.34	0.17 - 0.34	400 - 700 nm
4	0.01 - 0.17	0.01 - 0.17	100 - 400 nm
5	< 0.01	< 0.01	< 100 nm

1: ineffectual; 5: effectual

Evaluation/measurement area: 4000 μ m²

1st criterion: The ratio of the area of beads and droplets to total area

2nd criterion: The ratio of bundled fibers count to single fibers count

3rd criterion: Fiber diameter (measured from at least 50 fibers)

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

Nanofiber Morphology

The SEM images for morphology evaluation is given in the Figure 3. The sample names as 100D, 70D, 50D, 30D and 0D represent the solvent ratio (DMF/Acetone) as 100/0, 70/30, 50/50, 30/70 and 0/100, respectively. According to the pictures, the beads, droplets and bundles are obtained in every experiment. In order to observe the ratio of these defects and whether they are increased or decreased according to experimental parameters, the spinnability evaluation is done with area and diameter measurements using ImageJ software.

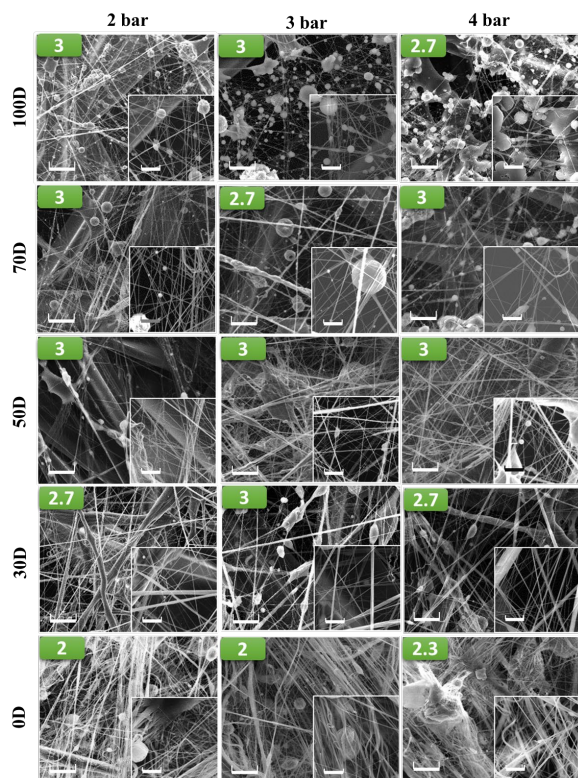


Figure 4. SEM images of produced nanofibers in 1000 and 5000x magnifications and scales of which are 20 μm and 5 μm for larger and smaller pictures, respectively.

Spinnability

The spinnability grades of the samples are given in green boxes on the top left corner of SEM images that are given in the Figure 3. The highest grade is gained as 3 by 8 samples. In order to determine optimum sample, further observation is done via spinnability graphs given in the Figure 4.

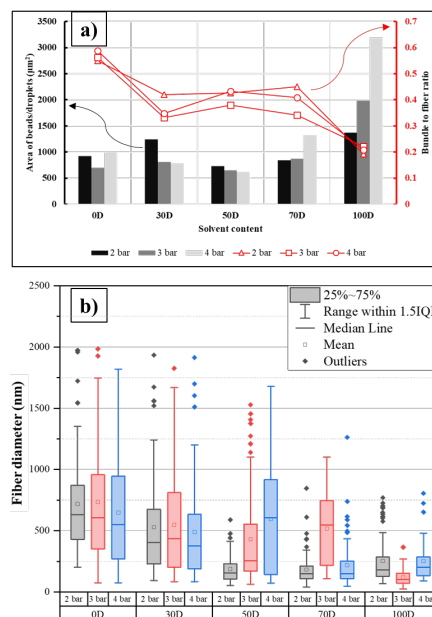


Figure 5. Spinnability evaluation graphs according to (a) criteria 1 and 2, and (b) criterion 3.

As seen on the Figure 4a, increasing amount of DMF in the solvent increases beads and droplets formation. On the other hand, increasing ratio of acetone in the solvent, amount of fiber bundles increase. Especially, for the samples of 100D and 0D, this difference is seen clearly while in the samples containing mixed solvent, there is not a huge difference between fiber bundle amount and bead/droplet formation. When the effect of air pressure is observed, the beads and droplets are increased with increasing air pressure when the DMF ratio is %70 and %100 in the solvent system. Air pressure seems not having much significant effect on fiber bundles, however 3 bar is seen as causing the least amount of bundles in every sample. In the Figure 4b, it is clearly seen that increasing amount of DMF in the solvent causes decreasing of fiber diameters. The outliers in the graph represents fiber bundles. In the samples having more amount of bundles, the interquartile range become larger caused by increase of the maximum value. When the results from both of the graphs is evaluated, the optimum sample is determined as 30D produced with 3-bar compressed air.

CONCLUSIONS

The effect of solvent content and air pressure on the spinnability of PVDF nanofibers is observed in this study. The results show that increasing amount of DMF in the solvent causes lower fiber diameters, more beads and droplets while increase of acetone causing more fiber bundles and higher fiber diameters.

SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK

In future work, the found optimum parameters will be used for production an air filtration material.

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCES OF FUNDING

The authors extend appreciation to the Textile Materials and Machinery Research Group (TEMAG) members at the Istanbul Technical University for helping the work through the research, and Areka Group Ltd. for providing nanofiber production equipment.

LITERATURE

1. Lyu, C. *et al.* Electrospinning of Nanofibrous Membrane and Its Applications in Air Filtration: A Review. *Nanomaterials* **11**, 1501 (2021).
2. Xiao, Y. *et al.* Development of tree-like nanofibrous air filter with durable antibacterial property. *Separation and Purification Technology* **259**, 118135 (2021).
3. Calisir, M. D. & Kilic, A. A comparative study on SiO₂ nanofiber production via two novel non-electrospinning methods: Centrifugal spinning vs solution blowing. *Materials Letters* **258**, 126751 (2020).
4. *Handbook of Nanofibers*. (Springer International Publishing, 2019). doi:10.1007/978-3-319-53655-2.
5. Ahmadian, A., Shafiee, A., Aliahmad, N. & Agarwal, M. Overview of Nano-Fiber Mats Fabrication via Electrospinning and Morphology Analysis. *Textiles* **1**, 206–226 (2021).
6. Fong, H., Chun, I. & Reneker, D. H. Beaded nanofibers formed during electrospinning. *Polymer* **40**, 4585–4592 (1999).
7. Kim, S. C. *et al.* Nanofiber Filter Performance Improvement: Nanofiber Layer Uniformity and Branched Nanofiber. *Aerosol Air Qual. Res.* **20**, 80–88 (2020).
8. Polat, Y. *et al.* Solution blowing of thermoplastic polyurethane nanofibers: A facile method to produce flexible porous materials. *J. Appl. Polym. Sci.* **133**, n/a-n/a (2016).
9. Su, Q., Jiang, Z. & Li, B. A mixed solvent approach to make poly(vinylidene fluoride) nanofibers with high β -phase using solution blow spinning. *High Performance Polymers* **32**, 1160–1168 (2020).
10. Ruiz, V. M., Sirera, R., Martínez, J. M. & González-Benito, J. Solution blow spun graded dielectrics based on poly(vinylidene fluoride)/multi-walled carbon nanotubes nanocomposites. *European Polymer Journal* **122**, 109397 (2020).
11. Liu, R.-Q. *et al.* Preparation of Nanofibrous PVDF Membrane by Solution Blow Spinning for

Mechanical Energy Harvesting. *Nanomaterials* **9**, 1090 (2019).

- SAĞIRLI, Merve Nur (0000-0001-8050-4732)
- ÇALIŞIR, Mehmet Durmuş (0000-0002-5916-9666)
- DEVLİ, Semanur (0000-0002-3458-1195)
- PEKGÖZ, Kardelen (0000-0001-9206-3575)
- KILIÇ, Ali (0000-0001-5915-8732)

Electrical Assisted Solution blow spinning of PVDF/TPU nanofibrous webs for air filtration applications

Andinet Kumella ETICHA¹, Ali TOPTAS^{2,3}, Yasin AKGUL^{2,4}, Ali KILIC^{2,5}

¹ Mechanical Engineering, Institute of Technology, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia

² Temag Labs, Faculty of Textile Technology and Design, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

³ Safranbolu Vocational School, Karabuk University, Karabuk, Turkey

⁴ Iron and Steel Institute, Karabuk University, Karabuk, Turkey

⁵ R&D Department, Areka Group LLC, Istanbul, Turkey

*Correspondence: yasinakgul88@gmail.com

ORCIDs:

ETICHA, Andinet Kumella (0000-0001-8401-8125)

TOPTAS, Ali (0000-0002-1176-0844)

AKGUL, Yasin (0000-0001-5643-5968)

KILIC, Ali (0000-0001-5915-8732)

Abstract: In this study, pure polyvinylidene fluoride (PVDF), pure thermoplastic polyurethane (TPU), and PVDF/TPU blend nanofibers (1:3, 2:2, 3:1 ratios) were produced via electrically assisted solution blow spinning for air filtration applications. Scanning electron microscopy (SEM) analysis was conducted to investigate nanofiber diameter and morphology of nanofibers. The filtration performance of nanofibrous webs was examined by air filtration test with challenging with $0.26 \pm 0.07 \mu\text{m}$ salt particles. Moreover, the flexibility and strength of the samples were determined via tensile tests. Results showed that pure TPU nanofibers had better mechanical properties, while pure PVDF nanofibers showed better filtration performance. However, 3PVDF/1TPU nanofibrous sample had high filtration efficiency (98.86%) close to pure PVDF (99.85%) and better flexibility (32.80% elongation) compared to pure PVDF (11.64% elongation).

Key words: Polyvinylidene fluoride, thermoplastic polyurethane, electrically assisted solution blowing spinning, air filtration applications.

Acknowledgement

This work is supported by the Scientific Research Projects (Grant No: KBUBAP-21-ABP-031) of Karabuk University in Turkey.

Investigating morphology effect of PCL nanofiber scaffolds on wound healing rate

Saeed Nezari^{1,2}, Mohammadamin Sarli³, Ahmad Hivechi^{1,4}, S. Hajir Bahrami¹, Peiman B. Milan^{4,5}, Noorahmad Latifi², Tayyeb Ghadimi², S. Mohammad Amin Haramshahi^{4,5}, Soheila Naderi Gharahgheshlagh²,

¹ Textile engineering department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

² Department of plastic and reconstructive surgery, Hazrat Fatemeh hospital, Iran university of medical sciences, Tehran, Iran

³ Textile engineering department, Ege University, Izmir, Turkey.

⁴ Cellular and molecular research center, Iran university of medical sciences, Tehran, Iran

⁵ Department of tissue engineering & regenerative medicine, Faculty of advanced technologies in medicine, Iran university of medical sciences, Tehran, Iran

*Correspondence: a.hivechi@aut.ac.ir

Abstract: Nanofibers are promising candidates for skin tissue engineering and wound healing applications due to their high specific surface and similarity to extracellular matrix (ECM). Many researchers have been performed on these exciting structures. However, there was no study related to morphology's effect on cell growth behavior. In this study, nanofibers with random, unidirectionally, and radially aligned morphologies are produced. Their chemical and physical properties were characterized using SEM, FTIR, XRD, and DSC experiments. The biological performance of the nanofibers was investigated using MTT assay and cell morphology studies. Results of this study showed greater physical and biological properties for radially aligned nanofibers which makes the excellent candidate for wound healing applications due to the guided cell growth on this type of nanofiber.

Keywords: Nanofiber, morphology, tissue engineering, biomaterials

CHAPTER 8

TEMİZ TEKNOLOJİLER CLEAN TECHNOLOGIES



It is About Quo Vadis For Textiles So What Textiles Have To Do in A Fast Changing Environment

Paul Kiekens



Department of Textiles
Ghent University
Belgium
Paul.Kiekens@ugent.be

Abstract

Textiles and clothing based on natural, semi-synthetic and fully synthetic fibres have played a central role in history. 21st century however will demand a revolutionary approach to fibre manufacturing as circularity, sustainability, recycling and decarbonisation have to be dealt with, urgently. Oil as a raw material has to be phased out and novel raw materials for fibre production have to come forward shaping a new future . In addition innovative fibre production technology must be developed. That way a new industrial sector will be noticed and an impressive economic engine will emerge, finally.

Zeolitik İmidazolat Çerçevelerin Boya Giderim Performanslarının Değerlendirilmesi

BAŞKAN, Gülşah¹

¹Uşak Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi Proje Destek Birimi

gulsah.mersin@usak.edu.tr

BAŞKAN, Gülşah (0000-0002-2852-6114)

ÖZET

Yaklaşık 20 yıldır kimyasal sensör, katalizör ve adsorban olarak kullanılan zeolitik imidazolat çerçeveler (ZIF) geniş yüzey alanları, yüksek termal, stabiliteleri, mikro gözenekleri ve işlevsellikleri gibi pek çok özelliği ile hem zeolitlerin hem de metal-organik çerçevelerin (MOF) avantajlarını birleştirir. Geniş yüzey alanı ve gözenekli yapısı ile tekstil atık sularındaki boyar maddelerin arıtımında adsorban olarak kullanılabilen ZIF'ler, kolay uygulama/sentez özellikleri ile de oldukça avantajlıdır.

Bu çalışmada son yıllarda ZIF'lerin boyar madde adsorpsiyonunda kullanılabilirliği araştırılmış ve literatür araştırmasından ZIF örneklerinin adsorpsiyon kapasiteleri incelenmiştir. Araştırma sonunda ZIF'lerin su kirliliğini azaltabilen ve çeşitli modifikasyon yöntemleri ile kolaylıkla tasarlanabilen adsorbanlar olduğu görülmüştür.

Atık Reaktif Boyama Sularının Tekrarlı Kullanımı ile Pamuklu Kumaşların Boyanması

İNCEKARA, Bilge^{1*}, YENER, Eyüphan¹

¹Bursalı Tekstil San ve Tic. A.Ş., Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi, Çiğdem 1 Sk, No.14, Bursa, 16369, Turkey

bilge.incekara@bursaligrubu.com

eyuphan.yener@bursaligrubu.com

ÖZET

Selülozik mamullerin boyanmasında genellikle reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Selülozik mamullerin boyanması üç adımda gerçekleşmektedir. Bunlar; ağartma, boyama ve ard yıkama proseslerinden oluşmaktadır. Reaktif boyarmaddeler kullanılarak yapılan boyama işleminden sonra yapılan ard yıkama adımlarında fazla miktarda temiz su tüketilmektedir. Boyama esnasında ve sonrasında kumaşa tutunamayan boyarmadde hidrolize olmakta, boya atık çözeltisi ile deşarj alanına iletilmekte ve atık su yükünün artmasına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmada reaktif boyama sonrası oluşan boya sonu atık su kullanılarak, havlı kumaşların boyanması üzerine çalışılmıştır. Kullanılan atık su için farklı boyama prosesleri geliştirilmiştir. Atık su ile ön işlem uygulanan, ön işlemin yanı sıra katyonikleştirilen havlı kumaş yüzeyindeki boyama performansı değerlendirilmiştir. Geleneksel reaktif boyama prosesinde kullanılan tuz miktarlarında optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Aynı zamanda atık suyun içerisinde bulundurduğu boya yardımcı kimyasalları ile havlı kumaşların tuzsuz boyanması için boyama prosesleri oluşturulmuştur. Atık suda bulunan boya hidrolizatlarının tekrar kullanılması ile havlı kumaş üzerindeki ΔE renk farklılıkları değerlendirilmiştir. Reaktif yıkama sonrası atık su le boyanan havlı kumaşların, yıkama ve sürtme haslık testleri yapılmıştır.

AMAÇLAR

Reaktif boyama sonrası yıkama proseslerinde kumaşa tutunamayan boyarmaddelerin, havlı kumaş yüzeyine aplike edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede hidrolize uğrayan boyarmaddelerin atık suda oluşturduğu renk yükünün azaltılması ve aynı suyun tekstil prosesine kazandırılarak yeniden kullanımı hedeflenmiştir. Atık su ile boyama sonrası elde edilen renklerin, geleneksel yöntemle boyanan reaktif boyama prosesinde oluşan renklere kıyasla daha açık olması öngörülmektedir. Atık suyla boyama sonrası, geliştirilen proses ile boyanın lif yüzeyine aplike edilebilmesi ile sürdürülebilir boyama prosesi oluşturulacaktır. Son yıllarda tekstil sektöründe sürdürülebilir anlayışın ön planda olması, boyama proseslerinde de farklı bakış açılarının gelişmesini sağlamıştır. Bu kapsamda yapılan

proje ile reaktif atık sularının tekrarlı kullanımıyla hem sürdürülebilirlik sağlanacak hem de yeni ürün gamları oluşturulacaktır.

GİRİŞ

Artan hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme ile birlikte, su kaynakları da hızla tükenmeye başlamış, 21. yüzyılın en büyük sorunlarından biri olan su kıtlığı da beraberinde getirmektedir. Özellikle endüstrileşme alanında yaşanan temiz su tüketimi, su kıtlığının artmasında büyük bir paya sahiptir. Su kullanımının artması, önümüzdeki yıllarda kullanılan kaynakların hızla tükenmesine sebep olacaktır. Kullanılan su kaynaklarının, yetersiz arıtımı ve iklim değişikliğinde yaşanan düzensizlik önemli çevre konuları arasında yer almaktadır. Dünyadaki temiz su kaynaklarının hızla azalmaya başlaması, insanların atık suları yeniden kullanmasına ya da atık suların arıtımına yöneltmektedir. Su kıtlığının azalması aynı zamanda su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu durum geri kazanılan atık suların tekrarlı kullanımı ile yeni bir su kaynağı olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır. Geliştirilen arıtma teknikleri sayesinde arıtılan atık suların endüstride, tarımda ve kentsel amaçlı kullanımıyla, ülke ekonomisinin yanı sıra çevresel fayda sağlanması amaçlanmaktadır¹.

Tekstilde kullanılan doğal lifler arasında en çok tercih edilen lif türü pamuktur. Pamuk, tohum bitkisi olup, üzerinde kısa ve uzun lifler bulundurmaktadır. Pamuk tohumu üzerinde bulunan epidermis hücreleri, pamuğun çiçek açması üzerine dışarı doğru büyüme eğilimi göstermektedir. Dışarı yönde gerçekleşen bu büyüme, içi boş yapılar meydana getirir. Bu yapılar, tekstil sektöründe kullanılan iplik yapısına uygun uzun liflerin oluşmasını sağlamaktadır. Elde edilen uzun lifler tohumlarından ayrılmak üzere çırçırılama işlemine tabi tutularak, iplik yapımı için uygun hale getirilir. Küçük kesitli liflerin biraraya getirilmesiyle isteğe göre bükümlü ya da bükümsüz olarak eğrilen, uzun metrajlı tekstil yapıları elde edilir. İplik, genellikle dokuma ve örme kumaşlarda kullanılsa da dikiş ipliği olarak da kullanılabilir². Pamuk, tekstilde iplik oluşumunda, elyaf yapımında, dokuma ve örme kumaşların oluşturulmasında kullanılmaktadır. Pamuğun kullanıldığı bu ürün

grupları, liflerin içinde bulundurduğu yabancı maddelerden, mamule uygulanan proseslerden kaynaklı kirliliklerden, ürün işaretlemelerinden kaynaklı boyalardan arındırılmak için terbiye işlemlerine tabi tutulurlar. Uygulanan ön terbiye işlemi sayesinde mamulde uygun beyazlık ve hidrofilite etkisi de oluşturmaktadır³. Pamuk lifi, içerisinde bulundurduğu safsızlıklardan ve doğal renk pigmentlerinden dolayı sarımtırak renge sahiptir. Boyama ve bitim işlemlerinin uygulanabilmesi için pamuğun sarımtırak renginden arındırılarak, hidrofil olabilmesi için ağartma işlemine ihtiyaç duyulur. Koyu ve siyah renk dışında kalan boyamalarda bu doğal pigmentlerin ağartma yöntemiyle giderilmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ağartma işlemiyle pamukta bulunan renk pigmentleri ve safsızlıkların oksidasyon işlemiyle giderilmesiyle, yüksek hidrofilite değerine sahip ve istenilen beyazlıkta selülozik mamullerin elde edilmesi sağlanır. Tekstil endüstrisinde ağartma işlemi hidrojen peroksit, sodyum klorit ve hipoklorit kimyasalları ile yapılmaktadır. Çevresel faktörler gözönüne alındığında tekstil mamullerinin ağartılmasında, klorin içeren ağartıcı maddeler yerine hidrojen peroksit gibi ağartıcı kimyasallar kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit, istenilen beyazlığı sağlaması ve çevre dostu olması sebebiyle daha çok tercih edilmektedir. Fakat, uygulama prosesinin yüksek sıcaklıklarda olması, yüksek enerji gerektirmesi ve liflere zarar vermesi sebebiyle bazı dezavantajlara sahiptir. Bu sebeple son yıllarda daha çevreci ağartma proses ve kimyasallarını geliştirmek için alternatif yöntemler araştırılmaktadır⁴. Ağartma sonrası pamukta istenilen beyazlık elde edildikten sonra pamuk renklendirilmesi için boyama işlemine yönlendirilir.

Reaktif boyarmaddeler genellikle pamuklu rejenere selüloz mamullerin boyanmasında kullanılan boyarmadde grubudur. Ayrıca selülozik mamuller reaktif boyaların yanı sıra küp, direkt, kükürt ve azo grubu boyarmaddeler ile boyanabilmektedir. Selülozik mamullerin boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddeler, yaş haslıklarının iyi olması, uygulandığı mamulde parlak renk sağlaması, geniş renk gamına sahip olması ve uygulama yöntemlerinin kolay olması daha çok tercih edilmesine sebep olmaktadır. Reaktif boyarmadde molekülleri üzerinde bulundurduğu aktif grup sayesinde lif ile kovalent bağ yaparak, boyarmaddenin life tutunmasını sağlarlar. Boyarmaddenin lif ile bağ yapması, boyarmaddenin reaktivite derecesine bağlıdır. Boyarmaddenin uygulanacağı yöntem kromofor ve reaktif gruba bağlıdır. Lif ile boyarmadde arasında gerçekleşecek reaksiyon süresinde reaktif grup önemli bir rol oynamaktadır. Boyarmaddelerde bulunan reaktivite heteroçiklik halkaya sübtituent grubun özelliklerine ve diğer sübtituentin özelliklerine bağlıdır. Reaktif

boyarmaddelerin üretici firmalara bağlı olarak reaktiviteleri farklılık göstermektedir. Reaktivite farklılığı, pH ve sıcaklık faktörüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Lif ile boyarmadde arasında gerçekleşen kovalent bağ, reaktif gruba bulunan sübtituent grubun lifteki fonksiyonel uçlarla yer değiştirmesi sonucu oluşmaktadır. Reaktif boyarmaddedeki kromofor gruba bağlı olarak substantivite değişmektedir. Substantivite, flotteden ayrılan boyarmaddenin elyaf üzerine nüfuz etmesi olarak bilinmektedir. Substantivite kuvveti boyarmaddenin cinsine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Aynı zamanda tekstil materyalinin yapısına, sıcaklığına, pH değerine ve flotte konsantrasyonuna bağlıdır⁵. Selülozik mamullerin reaktif boyarmaddelerle boyanmasında, ortam şartlarının bazik olması ve lif tarafından boyarmadde alımının artırılması için tuz kullanılması gerekmektedir. Banyo çözeltisine ilave edilen tuz, boyarmaddenin life olan afinitesini artırarak boyarmaddenin lif içerisine difüzyonunu sağlar. Bazı reaktif boyarmaddeler kullanıldığı flottede life bağlanmak için fazla miktarda tuza ihtiyaç duymaktadır. Selülozik mamullerin boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddeler, çektirme ve emdirme yöntemine göre selülozik mamulleri boyarlar⁶. Reaktif boyarmaddelerle boyanan selülozik mamuller, tutunamayan boyarmaddenin kumş ya da lif yüzeyinden uzaklaştırılması için ard yıkama işlemlerine tabi tutulurlar. Fikse olmayan fakat elyaf üzerine tutunan boyarmaddenin elyaf uzaklaştırılması gerekir. Yapılan ard yıkamalarda uzaklaştırılan boyarmadde, substantivite ile ilişkilidir. Reaktif boyarmaddeler genellikle düşük substantiviteye sahip boyarmadde gruplarıdır. Düşük substantiviteye sahip bu boyarmadde grupları, yıkama işlemi sırasında elyaf yüzeyine tutunamayan boyarmaddenin daha kolay uzaklaştırılmasını sağlarlar. Reaktivitesi düşük olan boyarmaddeler, sıcakta boyama yapan reaktif boyarmaddeler olarak da bilinmektedir. Reaktif boyarmaddenin boyama sıcaklığı 60-80 ° C olup, düşük reaksiyon kabiliyetine sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle boyama sıcaklıklarının yüksek ve boyama çözeltisinin yüksek alkaliniteye sahip olması gerekmektedir. Bu boyarmaddeler, yüksek afiniteye sahip olması ve düşük hidrolize uğrama yeteneğine sahip olması avantajları arasındadır. Soğukta boyama yapan boyarmaddeler ise yüksek reaktiviteye sahip boyarmaddeler olarak bilinmektedir. Yüksek reaktiviteye sahip boyarmaddeler ile yapılan boyamada, boya banyosunda, düşük alkali miktarlarında ve yüksek sıcaklıklara çıkmadan lif boyama işlemi sağlanabilmektedir. Boyarmadde veriminin yüksek olması, düşük enerji ve kimyasal sarfıyatı, hızlı boyamanın yapılması ve tekrarlanabilir olması avantajları arasındadır. Reaktif

boyarmaddelerde kullanılan su miktarı boyama için önemli bir parametredir. Suyun bir maliyetinin olması, artan su miktarına bağlı olarak enerji tüketim miktarının artması ve oluşan atık su miktarı önemlidir. Su miktarının artmasına bağlı olarak atık su miktarı da artmakta ve bu durum atık su maliyetinin de artmasına neden olmaktadır. Boyama sonrası ortaya çıkan atık sular, boyarmadde ve yardımcı kimyasalları içermesi sebebiyle atık suyun çevresel kirlilik yükünü arttırmaktadır. Oluşan bu atık suların alıcı ortama deşarj edilmesinden önce fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak arıtılması gerekmektedir. Bu nedenle oluşan atık sular ve atık su sonrası uygulanan arıtma yöntemleri ekonomik sıkıntıları da beraberinde getirmektedir. Tekstil sektörüne bakıldığında, son yıllarda atık suyun azaltılması ya da yeniden kullanımı üzerine deneysel çalışmalara öncelik verilmektedir⁵.

Yapılan çalışmada, reaktif boyarmaddelerle boyanan havlı kumaşların boyama sonrası ard yıkama işlemleri üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır. Oluşan renkli atık suların arıtılmasının dışında yeniden kullanımı ve üretim sistemine dahil edilmesiyle yeni ürün gamlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Reaktif boyama sonu boyama suyunun alınarak, boyama suyunda kalan boyarmadde hidrolizatlarının havlı kumaşın boyanmasında kullanılması amaçlanmıştır. boyama prosesleri geliştirilerek renkli atık suyun tekrar kullanımı üzerine çalışılmıştır. Sürdürülebilir üretimin ön planda olduğu tekstil sektöründe atık suya yeni bir yaklaşım kazandırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır.

DENEYSEL

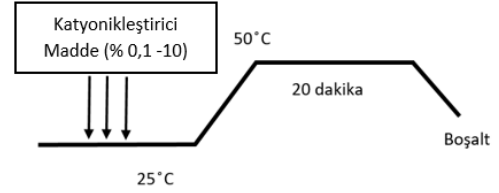
Malzeme

Pamuklu havlı mamullerin, reaktif boyarmaddeler ile boyanması sonrası elde edilen boyama atık suyu kullanılmıştır. %100 pamuklu, ağartılmış havlı kumaşlar kullanılmıştır. Boyama sonrası elde edilen renkli boya atık suyunda hidrolize uğramış boyarmadde, tuz ve tampon asit bulunmaktadır. Ayrıca pamuğun katyonikleştirilmesi için katyonikleştirici madde kullanılmıştır.

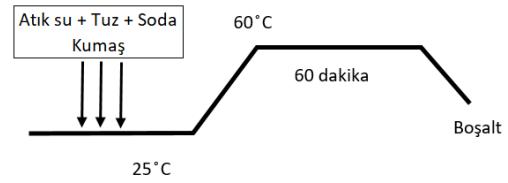
Yöntem

Reaktif boyama sonu oluşan renkli atık su için iki farklı boyama prosesi oluşturulmuştur. Bu proseslerde tuz kullanımı ve tuz kullanılmaksızın atık su ile boyanan havlı kumaşlar karşılaştırılmıştır. Birinci boyama prosesi, % 100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşın atık su ile reçetede tuz ve soda oranları kullanılarak boyanmıştır. Aynı boyama prosesi soda ve tuz kullanılmadan da gerçekleştirilmiştir. İkinci boyama prosesinde % 100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşın katyonikleştirilmesinin ardından atık su ile reçetede tuz ve soda oranları kullanılarak boyanmıştır. Katyonikleştirme işlemi, %0,5' lik katyonikleştirici

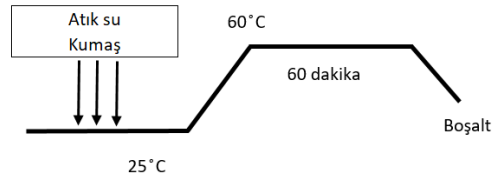
madde ile 50 ° C' de, 20 dakika süresince uygulanmıştır. Katyonikleştirilen % 100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşlara boyama prosesi reçetede tuz/soda kullanılarak ve tuz/soda kullanılmadan yapılmıştır. Atık su ile yapılan boyama prosesi, 60 ° C' de ve 60 dakika şeklinde uygulanmıştır.



Şekil 1. Katyonikleştirme prosesi



Şekil 2. Reçete değerleri ilave edilerek yapılan atık su boyama prosesi



Şekil 3. Reçete değerleri ilave edilmeden yapılan atık su boyama prosesi

Boyama işlemi sonrası tüm havlı kumaşlara yıkama ve sürtme haslık testleri uygulanmıştır. Uygulama sonuçları orjinal boyanan pamuklu havlı kumaş ile karşılaştırılmıştır. Kumaşların spektrofotometrede ΔE değerleri de ölçülmüştür. Katyonik sonrası atık su ile boyanan ve katyoniksiz atık su ile boyanan kumaşlar kendi aralarında kıyaslanmıştır. Ayrıca boyamalarda tuz ve sodanın varlığı da değerlendirilmiştir

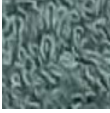
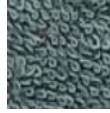
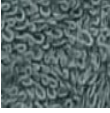
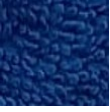
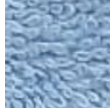
DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Reaktif boyama sonrası alınan boya sonu renkli atık sular kullanılarak, pamuklu havlı kumaşlar boyanmıştır. Katyonikleştirme işleminin boya alımı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için % 100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşlara katyonikleştirme prosesi uygulanmıştır. Ayrıca katyonikleştirme işlemi uygulanan kumaşlara tuz/soda varlığında ve tuz/soda kullanmadan boyama işlemi uygulanmıştır.

%100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşlara, atık su ile tuz/soda varlığında ve tuz/soda kullanılmadan boyama işlemi uygulanmıştır. Atık su ile boyanan ağartılmış pamuklu havlı kumaşların görselleri Tablo 1’ de verilmiştir. Katyonikleştirme prosesi uygulanan %100 pamuklu ağartılmış havlı kumaşlar, atık su ile tuz/soda varlığında ve tuz/soda kullanılmadan boyama işlemine tabi tutulmuştur. Katyonikleştirme prosesi sonrası atık su ile boyanan havlı kumaşlar Tablo 2’ de

gösterilmiştir. %100 pamuklu ağartılmış havlı kumaş reaktif boyama prosesi ile boyanarak, atık su ile boyanan havlı kumaşlarla kıyaslanmıştır. Ayrıca atık su ile boyanan havlı kumaşların spektrofotometrede ΔE renk farklılıkları da ölçülmüştür. Boyanan pamuklu havlı kumaşlara sürtme ve yıkama haslık testleri uygulanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 1. Atık su ile boyanan pamuklu havlı kumaşlar

Renk	Reaktif Boyama	Tuz/Soda (var)	Tuz/Soda (yok)	Katyonik ve Tuz/Soda (var)	Katyonik ve Tuz/Soda (yok)
Berenjena					
Green					
Marino					

Tablo 2. Atık su ile boyanan havlı kumaşlara uygulanan yıkama ve sürtme haslıkları

Yıkama Haslığı (TS EN ISO 105-C06)								Sürtme Haslığı (TS EN ISO 105-E04)	
Numune	Boyama Prosesi	Asetat	Pamuk	Nylon	Polyester	Akrilik	Yün	Kuru	Yaş
Berenjena	Reaktif Boyama	4/5	2/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3
	Tuz/Soda (var)	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Tuz/Soda (yok)	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Katyonik ve Tuz/Soda (var)	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Katyonik ve Tuz/Soda (yok)	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Green	Reaktif Boyama	4/5	3	4/5	4/5	4	4/5	4/5	3
	Tuz/Soda (var)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Tuz/Soda (yok)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Katyonik ve Tuz/Soda (var)	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5

	Katyonik ve Tuz/Soda (yok)	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
Marino	Reaktif Boyama	4/5	3/4	43/4	4/5	4	4	4/5	3
	Tuz/Soda (var)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Tuz/Soda (yok)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Katyonik ve Tuz/Soda (var)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Katyonik ve Tuz/Soda (yok)	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

GENEL SONUÇLAR

Selülozik mamullerin boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddelerin boya atık suyundan geri kazanımı üzerine yapılan çalışmada, atık sular kullanılarak selülozik maullerin boyanabildiği görülmüştür. Boya sonu atık suyu içerisinde hidrolize uğramış boyarmadde ve boya yardımcı kimyasalları varlığını sürdürdüğü için pamuklu havlı kumaşların boyanabildiği belirtilmiştir. Boyama sonuçları orjinal reaktif boyama sonu kumaşlarla karşılaştırıldığında daha açık tonda boyanmış kumaşlar elde edilmiştir. Katyonikleştirme işleminin atık sudaki boyarmadde alımına etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan haslık sonuçlarında katyonikleştirme işlemi sonucunda yıkama ve sürtme haslıklarında çok farklılık görülmemiştir. Katyonikleştirme prosesi sonrası atık su ile boyanan kumaşlar, katyonize edilmemiş kumaşlara kıyasla daha koyu tonda boyanmışlardır. Atık su ile boyanan kumaşlarda, tuz ve soda varlığının boyama verimliliği üzerine etkisi de değerlendirilmiştir. Katyonikleştirilmemiş pamuklu havlı kumaşlarda tuz ve soda kullanımının haslıkları arttırmadığı, tuz ve soda kullanılmadan yapılan boyama sonucu elde edilen haslıkların benzer olduğu görülmüştür. Ancak tuz ve soda kullanımı kumaşlarda boyanın alımını arttırmış, tuz ve soda kullanılan boyamalarda elde edilen kumaşlar daha koyu tonda çıkmıştır. Çalışma sonucunda boya atık suyunda bulunan boyarmadde ve boya yardımcı kimyasallarının, pamuklu havlı kumaşların boyanmasında kullanılabileceği, fakat boyama sonrası elde edilen renklerin reaktif boyama sonucu elde edilen kumaşlara göre daha açık tonda olduğu görülmüştür. Katyonik kullanımının boyarmadde alımını artırarak, kumaşın daha koyu tonda elde edilmesini sağlamıştır. Tuz ve soda kullanılmadan boyama yapılabileceği ve boyamanın tuz ve soda

kullanılan boyama prosesine benzer olduğu belirtilmiştir.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Pamuklu havlı kumaşların boyanmasında, boya atık suyunun kullanılabileceğinin belirtildiği bu çalışmada, ilerleyen süreçlerde çevreci boyama prosesleri oluşturulması pamuklu havlı kumaşların boyanması üzerine çalışmalar yürütülebileceği, bu sayede sürdürülebilir ve daha çevreci boyama yapılabileceği bilinmektedir. Bu kapsamda ilerleyen süreçlerde atık suda hidrolize olan boyarmaddenin geri kazanılarak, daha koyu tonlarda boyamanın yapılacağı çalışmalar gerçekleştirilebilir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Bursalı tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi tarafından özkaynak projesi olarak BT-AR-YÜ2111 proje koduyla yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., & Arzum, C. Ş. (2017). Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, 02*, 1–14.
2. Erdem, N. D. D. (2010). Pamuk Linteri, Tanımı, Eldesi ve Kullanım Alanları. *Tekstil ve Mühendis*, 1–13.
3. İçoğlu, H. İ. (2006). Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı*, 1–215.
4. Özdemir, A. O., & Tutak, M. (2013). Pamuklu Örme Kumaşların Reaktif Boya İle Boyanması

- Esnasında Tuz ve Boyarmadde Miktarına Bağlı Olarak Boyama Kinetiğinin İncelenmesi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(3), 200–205.
- 5 Özdemir, H. (2019). Farklı İplik Üretim Sistemleri İle Eğrilmiş İpliklerin Fiziksel Özellikleri ve Bobin Boyama Performansının İncelenmesi. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana*, 1–286.
- 6 Polat, S. (2013). *Katyonik Ağartma Aktivatörü Kullanarak Hidrojen Peroksit Ağartmasının Pamuklu Örme Kumaşlar İçin Optimize Edilmesi*.

Pamuklu Mamullerin Direkt Boyarmaddeler Kullanılarak Tek Banyoda Boyanması

İNCEKARA, Bilge^{1*}, AKYOL, Güzin¹

¹Bursalı Tekstil San ve Tic. A.Ş., Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi, Çiğdem 1 Sk, No.14, Bursa, 16369, Turkey

bilge.incekara@bursaligrubu.com

guzin.akyol@bursaligrubu.com

ÖZET

Selülozik mamullerin boyanmasında genellikle reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Son yıllarda direkt boyarmaddeler reaktif boyarmaddelere alternatif olarak pamuğun boyanmasında tercih edilmektedir. Yapılan çalışmada selülozik mamullerin boyanmasında direkt boyarmaddeler kullanılarak ön işlem ve boyama işlemi tek banyoda gerçekleştirilmiştir. Selülozik mamulün boyanmasında reaktifte kıyasla direkt boyarmaddeler kullanılarak yapılan boyama işleminde, daha az boyarmadde oranı kullanılmıştır. Direkt boyarmaddeler ile tek banyoda boyanan pamuklu mamuller reaktif boyarmaddeler ile kıyaslandığında ΔE renk farklılıklarının olduğu gözlenmiştir. Direkt boyarmaddelerle boyanan kumaşlar reaktif boyarmaddelere kıyasla daha açık renkte çıkmıştır. Her iki boyarmadde grubu kullanılarak yapılan boya sonrası yıkamalarda, direkt boyarmaddeler ile tek banyoda yapılan boyama işlemi sonrası atık suların daha açık renkli olduğu gözlenmiştir. Boyama sonrası kumaşlara yıkama, sürtme, asit, alkali ve su haslığı testleri uygulanmıştır. Reaktif ve direkt boyarmaddeler kullanılarak yapılan haslık testleri kıyaslanarak aralarında fark olmadığı gözlenmiştir.

AMAÇLAR

Selülozik mamullerin boyanmasında kullanılan reaktif atık suların çevreye verdiği zararı en aza indirmek için reaktif boyarmaddelere alternatif olarak direkt boyarmaddelerin kullanılması amaçlanmıştır. Reaktif boyarmaddelerle selülozik mamullerin boyanması ön işlem (ağartma/hidrofilleştirme), boyama ve yıkama proseslerinden oluşmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında direkt boyarmaddeler kullanarak ön işlem ve boyama proseslerinin tek banyoda yapılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda ön işlem banyosu içerisine direkt boyarmaddeler ve boya yardımcı kimyasalları konularak boyama ve hidrofilleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede reaktif boyarmadde ile boyama prosesine kıyasla daha az enerji, su, kimyasal kullanılarak zamandan tasarruf sağlanmıştır.

- AKYOL, Güzin (ORCID No: 0000-0001-8229-4249)

GİRİŞ

Türkiye, Dünya tekstil endüstrisinin önde gelen ülkelerinden biri olup sanayisi gelişmekte olan bir ülkedir. Türkiye’de tekstil endüstrisinin özellikle Marmara ve Ege bölgelerinde tekstil terbiye işlemleri üzerine, Doğu ve İç Anadolu Bölgelerinde ise elyaf üretimi ve dokuma üzerine çalışıldığı bilinmektedir. Tekstil sektörü, kontrolsüz büyümenin yanı sıra oluşturduğu atıklarla çevreyi tehdit etmektedir. Özellikle terbiye işlemleri sonrası oluşturduğu atıklarla gölleri, nehirleri, denizleri, ve yer altı su kaynaklarını kirlenmesine sebep olmaktadır. Tekstil endüstrisine bakıldığında doğal boyarmaddelere kıyasla sentetik boyarmadde kullanımının daha yaygın olduğu görülmektedir. Özellikle tekstil elyafının renklendirilmesinde boyarmaddelerin kumaşa uygulanması sonrası %10-20 miktarlarda boyarmaddenin kumaşa tutunmadığı belirtilmiştir. Tutunamayan boyarmaddelerin tekstil atık su yükünü arttırdığı ve atık sulardan uzaklaştırılması için geleneksel arıtma yöntemlerinin yeterli olmadığı görülmektedir¹.

Tekstilde en çok kullanılan doğal liflerin başında pamuk lifi gelmektedir². Pamuk lifi tekstil endüstrisinin yanı sıra yağ ve yem endüstrisinde tohumundan, çırçır sanayisinde işlenmesinden, kağıt sanayisinde linterinden yararlanılan önemli bir bitki olma özelliğini taşımaktadır. Bunların yanı sıra farklı endüstri kollarında işlenen pamuk bitkisi, yeni istihdam alanlarının oluşmasını ve katma değer sağlamaktadır. Endüstriyel tarım ürünleri incelendiğinde pamuk lifinin, önemli bir kültür bitkisi olduğu görülmektedir. Dünya’da pamuk üretiminin %80’lik kısmı Türkiye’ nin de içinde bulunduğu az sayıda ülkenin coğrafi şartlarına elverişlidir. 2019/20 ICAC (Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi) verilerine göre pamuk üretiminin 33,7 milyon hektarlık alana pamuk ekildiği ve ekilen alanlardan 26 milyon tonluk pamuk lifi elde edildiği belirtilmiştir³. Pamuk, tek hücreli tohum lifidir. Pamuk bitkisinden elyaf elde edilebilmesi için tohumundan arındırılarak çırçırılama ve mekanik temizleme işlemlerinden

• İNCEKARA, Bilge (ORCID No: 0000-0003-3263-7869)

geçirilmesi gerekmektedir. Pamuk lifi, bulundurduğu mumsu tabaka, pektin, protein yapılardan dolayı sarımtırak renge sahiptir. Ham pamuk lifi hidrofobik yapıda olup, tekstil ön işlemlerinde hidrofilik özellik kazandırılmaktadır⁴. Pamuğa hidrofilik yapının kazandırılmasının yanı sıra terbiye işlemi uygulanmaktadır. Pamuğa uygulanan ön işlem adımları haşıl sökme, yıkama ve ağartma olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır⁵. Uygulanan ön işlem adımı sonrası pamuk, üzerinde bulunan safsızlıklardan uzaklaştırılarak selüloz oranı %99'a çıkarılmaktadır. Pamuk lifinde selüloz dışında bulunan safsızlıklar farklı kimyasallar ile elyaf üzerinden uzaklaştırılmaktadır. Bu safsızlıkların büyük miktarı yüksek sıcaklıklarda sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak uzaklaştırılmaktadır. Pamuk lifinin mikroskobik görüntüsü incelendiğinde, fasulye şeklinde yassı, bükümlü yapıya benzer olduğu görülmektedir. Pamuk lifi genel olarak 12-45 mikron arası lif inceliğine sahiptir. Yoğunluğu 1,54 g/cm³ ve mukavemet olarak 3-4,5 g/denye arasında olan pamuk lifi ıslandığında, mukavemeti %10-20 arası artmaktadır. Ayrıca pamuk lifinde statik elektriklenme ve pillinglenme görülmemektedir⁶.

Pamuk lifi genel olarak beyazdır. Ancak bazı durumlarda kahverengi ve krem rengi pamuklara da rastlanmaktadır. Pamuk lifinin parlak bir elyaf olmadığı bilinmektedir. Pamuk, sıvı sodyum hidroksit çözeltisi ile muamele edilerek parlaklık kazandırılmaktadır. Bu işleme merzerizasyon işlemi denilmektedir. Pamuğun merzerizasyon işleminde sodyum hidroksitin yanı sıra lityum hidroksit veya potasyum hidroksitte kullanılabilir. Yapılan işlem sonrası pamuklu mamulün stabilitesi, mukavemeti, parlaklığı, boyarmadde affinitesi ve kimyasal reaktivitesi artmaktadır⁶.

Selülozik mamuller kullanılarak yapılan dokuma ve örme kumaşların boyanmasında yaygın olarak reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Diğer boyarmaddelere göre bazı avantajlara sahiptir. Bunlar; geniş renk gamlarına sahip olması, tüm boyama yöntemlerine uygun olması, mat tonlardan parlak tonlara kadar renk çeşitliliği sağlaması, yaş ve ışık hasırlarının iyi olması, kombinasyon boyamalara uygun olması, yüksek çözünürlüğe sahip olması ve tekrarlanabilirliğinin olması sebebiyle tercih edilmektedir. Ayrıca reaktif boyarmaddelerin en önemli özelliği selülozik mamuller ile yaptığı kovalent bağdır. Lif ile boyarmadde arasında oluşan kovalent bağ, boyarmaddenin yıkama ve bitim işlemlerinde hidrolize uğramasını önlemektedir. Reaktif boyarmaddeler reaktif grup yapısına, elyaf ile oluşturduğu bağa ve kromofor gruplarına göre sınıflandırılmaktadır⁶.

Pamuk lifinin tekstilde kullanılabilmesi için bazı özelliklere sahip olması beklenmektedir. Tekstil elyafının kolay elde edilebilir, dayanıklı, yumuşak,

yüksek nem kapasitesi ve boyama işleminde kolaylık olması tercih edilebilirliğini arttırmaktadır⁴.

Pamuk lifi doğal olmasının yanı sıra içeriğinde birçok safsızlık barındırmaktadır. Ön işlem sonrası safsızlıklarından arındırılan selülozik mamullere boyama işlemi uygulanmaktadır. Selülozik mamullerin boyanmasında genellikle reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra azo, kükürt ve direk boyarmadde grupları da kullanılmaktadır^{5,7}.

Reaktif boyarmaddelerin selülozik mamulleri boyayabilmesi için bazik bir ortama, tuz ve boya yardımcı kimyasallarına ihtiyaç duyulmaktadır. Reaktif boyarmaddeler, selülozda bulunan hidroksil gruplar ile kovalent bağ yaparak pamuğun boyanmasını sağlamaktadır⁸. Biyolojik bozunmaya karşı dirençli olan reaktif boyarmaddelerin atık sudan giderimi tam olarak sağlanamamaktadır. Bu nedenle pamuğun boyanmasında reaktif boyarmaddelere alternatif boyama yöntemleri ve boyarmadde grupları araştırılmaktadır⁹.

Selülozik mamullerin boyanmasında reaktif boyarmaddelere alternatif olarak direkt boyarmaddeler de kullanılmaktadır. Direkt boyarmaddeler sentetik, yün ve rejenere protein liflerine karşı affiniteleri olmaması sebebiyle bu liflerin boyanmasında kullanılamamaktadır. Bazı direkt boyarmadde üyeleri; yün, deri, nylon ve ipeğin boyanmasında kullanılabilir. Bu boyarmaddeler substantif boyarmaddeler olarak adlandırılabilir⁶.

Anyonik gruba sahip olan direkt boyarmaddeler, yapıların bulundurduğu sülfonik asit ve karboksilik asit türevleri sayesinde suda çözünerek boyama işlemini gerçekleştirmektedir. Suda kolay çözünebilen direkt boyarmaddeler, basit boyama prosesine sahip olmaları, boyama sırasında elyafa zarar vermemeleri ve ucuz olmaları nedeniyle reaktif boyarmaddelere alternatif olarak kullanılabilir¹⁰.

Direkt boyarmaddelerle yapılan boyama işleminde, sıcaklık önemli bir parametredir. Çözelti halinde agregat olarak bulunan direkt boyarmadde grupları, lif içerisinde monomer halde dağılarak boyama işlemini gerçekleştirmektedir¹¹. Boyarmadde çözeltisinde, boyarmadde molekülleri oluşturduğu hidrojen ve van der Waals kuvvetleri sayesinde kümeleşirler. Oluşan boyarmadde kümeleri elyaf yakınında konsantrasyonun yüksek olmasını sağlayarak, boyarmaddenin lif yüzeyinden lif içerisine difüzyonunu sağlamaktadır. Direkt boyarmaddeler lif yüzeyine tutunma özellikleri bakımından üçe ayrılmaktadır. Bunlar; migrasyon gücü yüksek, migrasyon gücü düşük ve migrasyon gücü olmayan boyarmadde gruplarıdır. Migrasyon gücü yüksek olan direkt boyarmaddeler sıcaklığın

etkisi ile konsantrasyonun yüksek olduğu yerden düşük olduğu yere doğru kolaylıkla göç edebilme özelliğine sahiptirler. Migrasyon gücü az olan boyarmaddeler, düzgün bir şekilde dağılamadıklarından tuz ilavesi ile düzgün dağılımları sağlanarak boyama işlemini gerçekleştirirler. Migrasyon gücü olmayan direkt boyarmaddeler ise sıcaklığın ayarlanması ile düzgün dağılma sağlayarak düzgün boyama işlemini gerçekleştirirler¹⁰.

Bu boyalar suda çözülebilmeleri ve özel bir işleme gereksinim duymadan lif tarafından alınması sebebiyle direkt boyarmade adını almaktadır. Direkt boyarmaddeler selülozik mamullerin iç misellerinde kimyasal bağ oluşumuna sebep olmaksızın tutunurlar. Boyarmadde yapısı olarak sulu çözeltide anyonik ve katyonik karakterde bulunabilirler. Direkt boyarmaddeler, ön işleme gerek duymadan doğrudan boyama yapabilen boyarmaddelerdir. Ön işleme ihtiyaç duyulmamasının en büyük nedeni life karşı substantivitesinin (boyarmaddenin elyaf tarafından absorbe edilmesi) yüksek olmasıdır¹.

Yapılan çalışmada reaktif ve direkt boyarmaddeler kullanılarak selülozik mamullerin boyama davranışı incelenmiştir. Direkt boyarmaddeler kullanılarak yapılan boyama prosesinde, reaktif boyama prosesi le elde edilen renk değerlerine ulaşmaya çalışılmıştır. Direkt boyarmaddeler ile elde edilen boyarmadde kombinasyonlarında daha az boyarmadde oranı kullanılarak, tek banyoda hidrofilleştirme ve boyama işleminin yapılması hedeflenmiştir. Elde edilen değerler standart reaktif boyama prosesine göre kıyaslanmıştır.

DENEYSEL

Malzeme

Çalışma kapsamında boyamalarda kullanılan %100 pamuklu kumaşlar Bursalı Tekstil San. ve Tic. A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Zemin ve atkı ipliği olarak sırasıyla, Ne 20/2 ve Ne 16/1 pamuk ipliği kullanılmıştır. Kumaş gramajı ise 360 g/cm²'dir. Selülozik havlı kumaşın ağartılmasında peroksit, iyon tutucu, stabilizatör, ıslatıcı ve asetik asit kullanılmıştır. Kumaşların boyanmasında kırmızı, sarı ve mavi renge sahip reaktif boyarmaddelerin ve direkt boyarmaddeler kullanılmıştır.

Boyama sonrası yapılan yıkama işlemlerinde anyonik sabun reaktif boyarmadde ile boyanan kumaşlarda kullanılırken, direkt boyarmaddelerle boyanan kumaşlar için fiksator kullanılmıştır.

Boyama sonrası renk ölçümleri spektrofotometre cihazında ölçülmüştür.

Yöntem

Selülozik mamul, boyama prosesine geçmeden önce pamuk üzerinde safsızlıkların giderilmesi, boyamaya hazır beyazlık değerine getirilmesi ve hidrofilitenin

sağlanması için ön işlem adımından geçmektedir. Proje kapsamında yapılan ön işlem prosesinde 98°C'de 45 dakika işlem yapılmıştır.

Ön işlem yapılan kumaşlar yardımcı kimyasallar kullanılarak reaktif boyarmaddeler ile 60°C'de 90 dakika işlem görmüştür.

Direkt boyarmaddeler ile yapılan boyama prosesinde ise 98°C'de pH 9-10'da 60 dakika işlem yapılmıştır. Belirlenen renklerin direkt boyarmaddelerle uygulaması aynı boyama ve ağartma prosesinde yapılmıştır.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Reaktif boyarmaddelerin selülozik mamullerin boyanmasında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Reaktif boyarmaddelere alternatif olarak direkt boyarmaddelerin kullanımı üzerine araştırmalar yapılmıştır. Reaktif boyarmaddeler için yapılan ön işlem adımları uzun sürmekte ve fazla miktarda su tüketmektedir. Ardından yapılan boyama işlemi ve ard yıkamalar su tüketiminin artmasına neden olan proseslerdir. Yapılan çalışmada öncelikle firma bünyesinde yaygın olarak boyanan renkler seçilmiştir. Seçilen renklerin laboratuvar ortamında numune boyamalarının gerçekleşmesi için havlı kumaşlara ön işlem uygulanmıştır. Ön işlem uygulanan kumaşlara belirlenen dört renk ile (beige, verde, mavi ve pembe) boyama yapılmıştır. Reaktif boyama sonrası elde edilen renkler Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Reaktif boyama sonrası elde edilen renkler

Reaktif Boyama Sonrası Görseller			
			
Pembe	Mavi	Beige	Verde

Reaktif boyama işleminde her renk için kombinasyon boyalar kullanılmıştır. Üç farklı boyarmaddenin kullanılması ile elde edilen renkler, aynı boyarmadde oranları kullanılarak direkt boyarmaddelerle de boyanmıştır. Aynı boyarmadde oranları sonunda direkt boyarmaddeler ile boyanan renkler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Direkt boyarmaddelerle boyama sonrası elde edilen renkler

Direkt Boyama Sonrası Görseller			
			
Pembe	Mavi	Beige	Verde

Direkt ve reaktif boyarmaddelerle aynı oranlarda boyama yapıldığında birbirinden farklı renkler çıktığı görülmüştür. Direkt boyarmaddeler ile yapılan boyamalarda, boyarmadde oranlarında optimizasyon

çalışması yapılmıştır. Direkt boyarmaddeler için yapılan optimizasyon çalışması sonrasında elde edilen renkler Tablo 3’ te verilmiştir.

Tablo 3. Direkt boyarmadde optimizasyon Çalışması yapılan renkler

Direkt Boyama Optimizasyon Yapılan Görseller			
			
Pembe	Mavi	Beige	Verde

Direkt boyarmaddelere yapılan optimizasyon çalışmasından sonra ΔE renk farklılıkları reaktif boyarmaddelerle karşılaştırılmıştır. Direkt boyarmaddelerle boyanan kumaşlar ve reaktif boyarmaddelerle yapılan boyamaların renk farklılık değerleri Tablo 4.’te verilmiştir.

Tablo 4. Reaktif ve direkt boyarmaddeler ile elde edilen renk farklılıkları

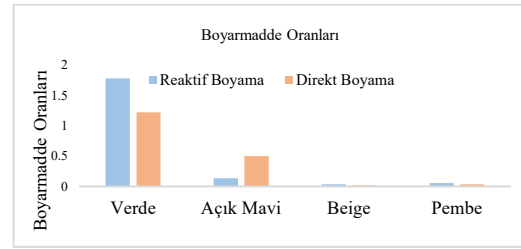
Reaktif Boyama Sonrası Elde Edilen Renkler	Reaktif Boyama Reçetesi	Direkt Boyama Sonrası Elde Edilen Renkler	Direkt Boyama Reçetesi	ΔE Renk Farklılıkları
 Pembe	Yell:0.022 Red:0.023 Blue: 0.014	 Pembe	Yell:0.0134 Red:0.0181 Blue:0.0044	1.14
 Mavi	Yell:0.0217 Red:0.00653 Blue: 0.106	 Mavi	Yell:0.114 Red:0.0068 Blue: 0.0317	2.03
 Beige	Yell :0.0144 Red:0.00589 Blue:0.0169	 Beige	Yell: 0.0089 Red:0.00527 Blue :0.0052	2.03
 Verde	Yell : 1.06 Yell A :0.49 Blue : 0.234	 Verde	Yell : 0.535 Yell A :0.62 Blue : 0.07	2.42

Tablo 4’ te elde edilen renklerden sonra ΔE renk farklılıklarının az olduğu optimum reçete optimizasyonu belirlenmiştir. Çalışmanın ana konusu olan direkt boyarmaddelerle boyama işleminin tek proseste aynı anda gerçekleşmesi için çalışmalar yapılmıştır. Ön işlem prosesinde kullanılan ağartıcı kimyasallar ile birlikte, reçete optimizasyon çalışmasında elde edilen oranlar kullanılarak boyama yapılmıştır. Boyama sonrası elde edilen renkler Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 5. Direkt boyama ve ön işlemin tek proseste yapıldığı boyamalar

Tek Banyoda Direkt Boyama ve Ön İşlem Prosesi			
			
Pembe	Mavi	Beige	Verde

Direkt ve reaktif boyarmaddeler ile yapılan boyama çalışmasından sonra boyarmadde oranlarında azalma gözlenmiştir. Direkt ve reaktif boyarmaddelerde elde edilen oran Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Reaktif ve direkt boyarmadde oranları

Selülozik mamullerin boyanmasında direkt boyarmaddeler kullanarak hem reaktif boyarmaddeler ile elde edilen renkler elde edilmiş hem de tek banyoda ön işlem ve boyama gerçekleştirilmiştir. Direkt boyarmaddelerle yapılan ön işlem ve boyama işleminin tek banyoda yapılması ile elde edilen renklere yıkama ve sürtme haslık testleri uygulanmıştır. Reaktif boyarmaddelerle elde edilen renklere de yıkama ve sürme haslık testleri uygulanmıştır. Aynı zamanda karşılaştırma yapmak için reaktif boyarmaddelerle elde edilen renklere yıkama ve sürtme haslık testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Direkt ve reaktif boyarmadde yıkama ve sürtme haslığı test sonuçları

Prosesler	Renk Adı	Renk Sürtme Haslığı		Renk Yıkama Haslığı					
				Kirlenme					
		Kuru	Yaş	Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
Direkt	Pembe	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Kasar+Direkt Boyama		4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Direkt	Mavi	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Kasar+Direkt Boyama		4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Direkt	Beige	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kasar+Direkt Boyama		4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Direkt	Verde	4/5	3/4	4/5	2/3	3/4	4/5	4/5	4/5
Kasar+Direkt Boyama		4/5	3/4	4/5	2/3	3/4	4/5	4/5	4/5

GENEL SONUÇLAR

Yapılan çalışmada reaktif boyarmaddeler yerine direkt boyarmaddelerin kullanılması araştırılmıştır. Direkt boyarmaddelerle elde edilen renklerin, reaktif boyarmaddelerle elde edilen renklere kıyasla ΔE renk farklılıkları karşılaştırılmıştır. Uygun değerlerin elde edilmesinin ardından ön işlem ve boyama prosesinin tek banyoda gerçekleşmesi için çalışma yürütülmüştür. Selülozik mamullerin boyanmasında yüksek miktarda su ve elektrik tüketimi üreticileri alternatif metotlar geliştirmeye yöneltmektedir. Direkt boyalarla tek banyoda yapılan çalışma sonunda, orta ve koyu renklerde daha açık renk gözlenmiştir. Elde edilen bir ton açık farklılık kabul edilebilir değer arasında çıkmaktadır. Tek banyoda boyama prosesinde elde edilen açık renklerde ise reaktif boyarmadde ile boyanan kumaşlara göre farklılığın daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Sürtme ve yıkama haslığı sonunda elde edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı görülmüştür. Tekstil sektöründe sarfedilen su ve enerji miktarları göz önüne alındığında alternatif metotların geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile ön işlem ve boyama adımının tek banyoda gerçekleşmesi su ve enerji tasarrufu sağlayacağı sonucuna varılmaktadır.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Yapılan çalışma tekstil sektörüne farklı bir bakışı kazandırmaktadır. Reaktif ve direkt boyarmaddelerin yanı sıra kullanılan farklı boyarmaddelerin uygulama

prosesleri için de yenilikçi yöntemlerin geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Tekstil sektöründe su ve enerji tasarrufu sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesi, farklı bir bakış açısının kazandırılmasında önemli rol oynayacaktır.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Bursalı tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi tarafından özkaynak projesi olarak BT-AR-PG2103 proje koduyla yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Şenel, Ü., Sur, H. İ. ve Demirtaş, M. 2012. "Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Bazı Sentetik Direkt Boyarmaddelerin Mutajenik," vol. 15, no. 1, pp. 13–19.
- Zhang, Y. Zhou, Q. Xia, W. L. Rather, and Q. Li, (2022), "Sonochemical mordanting as a green and effective approach in enhancing cotton bio natural dye affinity through soy surface modification," *J. Clean. Prod.*, vol. 336, no. January, p. 130465, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130465.
- Ticaret Bakanlığı, (2020), "2019 Yılı Pamuk Raporu".
- Y. Wei, Z. Jiang, Q. Wang, P. Wang, and Y. Yu, (2021), "A salt-free and water-saving approach as a green alternative to conventional reactive dyeing of cotton," *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 24, no. September, p. 100536,

- 2021, doi: 10.1016/j.scp.2021.100536.
5. R. T. Oğulata, E. C. Sabır, B. Zervent Ünal, and F. Doba Kadem, (2017), “Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi Bildiriler Kitabı,” *Ulus. Çukurova Tekst. Kongresi, Bildir. Kitabı, Adana*, pp. 1–497.
 6. H. İ. İçoğlu, “Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanmas Ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi”, (2006), *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilim. Enstitüsü, Adana*.
 7. M. J. Patel and R. C. Tandel, (2021), “Dyeing and printing study of synthesized reactive dyes using phenyl urea bifunctional reactive dyes on cotton fabric,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 1–9, doi: 10.1016/j.matpr.2021.06.231.
 8. A. O. Özdemir and M. Tutak, (2013), “Pamuklu örme kumaşların reaktif boya ile boyanması esnasında tuz ve boyarmadde miktarına bağlı olarak boyama kinetiğinin incelenmesi Investigation of dyeing kinetic according to amount the dye and salt on reactive dyeing of knitted cotton fabrics,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 29, no. 3, pp. 200–205.
 9. B. L. Santos Klienchen Dalari *et al.*, (2021), “Application of a phosphonium-based ionic liquid for reactive textile dye removal: Extraction study and toxicological evaluation,” *J. Environ. Manage.*, vol. 304, no. December 2021, p. 114322, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.114322.
 10. A. Bozdoğan, (1984), “Atık Sulardaki Tekstil Boyarmaddeleri Renginin Devrettirilen Koagülant (CaO-MgCO₃) İle Giderilmesi.” pp. 1–125,.
 11. MEGEP, (2011), *Tekstil Teknolojisi Temel Boyama*.

Sürdürülebilir Medikal Tekstil Kıyafetleri

KERTMEN Mehmet¹, KARAGÖL Hakan¹, OLUCAK Halil İbrahim¹, ŞEN Aybüke¹,
KERTMEN Nuriye²,

¹İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş.

²İskur Denim İşletmeleri San. ve Tic. A.Ş.

mehmet.kertmen@iskur.com

KERTMEN, Mehmet (0000-0003-1661-7219)
KARAGÖL, Hakan (0000-0001-6345-8383)
OLUCAK, Halil İbrahim (0000-0002-9337-7450)
ŞEN, Aybüke (0000-0001-8886-9437)
KERTMEN, Nuriye (0000-0003-2925-9078)

ÖZET

Tekstilde doğal kaynakların tükenmesine karşı alınan önlemler ve tekstil atıklarının oluşumunun azaltılması tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir tekstil için en kritik kavramlardan biri de yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesidir. Bu çalışmada pre-consumer recycle pamuk ve organik pamuk kullanılarak, fonksiyonel anti-bakteriyel özellikli yuvarlak örme makinalarında örülen kumaşların patlama mukavemetleri ve boncuklanma özellikleri gibi kumaş kalitesini ve ömrünü etkileyen faktörler detaylı olarak araştırılmıştır. Böylece çevre dostu ve insan sağlığına uyumlu ürünler ortaya çıkmıştır. Bu projenin ana teması, uygun fiyat-fayda dengesine sahip, yıkanabilir, yeniden kullanım ile uzun süreli koruyucu etkiye sahip, antimikrobiyal ve giyim konfor özelliklerine sahip ve bu fonksiyonellikleri aynı anda taşıyan yenilikçi medikal tekstillerin geliştirilmesidir. Çoklu kullanım ve recycle liflerin kullanımıyla çevresel yük hafifletilmiştir. Bu durumun da sürdürülebilirliğe katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler - Recycle, Sürdürülebilirlik, Teknik Tekstil, Medikal Tekstil

AMAÇLAR

Sürdürülebilirlik göz önüne alındığında kullanılan hammaddenin önemi büyüktür. Günümüzde "ekolojik, organik, biyolojik" olarak "parçalanabilir ve çürütülebilir" gibi kelimeler çok çeşitli maddeler üzerinde ve hatta süreçlerde uygulandığı görülmektedir. Bu sebeple, hijyen ürünlerinin üretiminde daha sürdürülebilir malzemelerin seçimi hayati önem taşıyacağından bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Domina ve Koch çalışmasında ise², Recycle; Sürdürülebilirlik kapsamında son zamanlarda ortaya çıkan bir kavramdır. Tüketici sonrası ve tüketici öncesi atıkların recycle süreci, tekstil atıklarının toplanmasını ve bu atıklardan yeni giysilerde kullanılmak üzere iplik üretilmesini içerir.

Wennerstrand çalışmasında ise³ recycle, atık malzemeleri yeni malzeme ve nesnelere dönüştüren süreçtir. Bir malzemenin geri dönüştürülebilirliği, işlenmemiş halde sahip olduğu özellikleri geri kazanabilmesine bağlıdır. Modern atık azaltma sürecinin ana bileşenlerinden biri olan geri dönüşüm, "reduce - reuse - recycle" atık hiyerarşisinde üç bileşenden oluşmaktadır ve günümüzde bu alanda upcycle ile de önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.



Şekil 1. Çalışma kapsamında elde edilen recycle atıklar

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Bu çalışmada Tablo 1'de verilen farklı lif tipleri kullanılarak ring ve rotor eğirme metodu ile tüm numuneler Ne 30 ve Ne 20 inceliğinde ve ($\alpha=3.3$) olacak şekilde iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu iplikler ile yuvarlak örme makinalarında süprem kumaş üretimleri yapılmıştır. Bu üretim adımlarının tamamı İskur Tekstil Enerji Ticaret ve Sanayi A. Ş. bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Süprem kumaşların örme işlemi E 28 inceliğinde ve 32" çaplı yuvarlak örme makinesinde sabit ayar değerleri ile üretilmiştir. Numuneler relaksasyon işlemleri için 24 saat boyunca standart atmosfer koşullarında bekletilmiştir. Geri dönüştürülmüş elyaf kullanılarak elde edilen hammaddeden kumaş üretimi, tüketici sonrası standart kumaş üretimi gibidir. Farklı aşama ise kullanılan ipliklerin giysi atıklarından recycle ile elde edilen elyafı %50'e kadar kullanılarak karışım hattında organik pamuk (Virgin) elyafı karıştırılarak iplik üretiminde kullanılmıştır. Buna göre 2 farklı eğirme yöntemi ile (Ring ve Open End) kullanılarak iplikler üretilmiştir. İplik numaralarında (Ne 30/1 ve Ne 20/1) iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden örme süprem kumaşlar üretilmiştir. Örme kumaşlara gümüş iyonlu antibakteriyel apre ve su itici apre

işlemi 6 Karbon (Florokarbon C6) uygulanmıştır. Geliştirilen kumaşlar üzerinde performans testleri, Antibakteriyel Aktivite, Bakteriyel Filtrasyon Verimlilik Testi, Nefes Alabilirlik (Basınç Farkı) ve Mikrobiyal Temizlik (Bioload) testleri yapılmıştır.

Tablo 1. Proje kapsamında üretilen karışım iplikler

Numune No	Üretilen İplik Ne	Eğirme	Lif Karışımı
A1	30/1	Ring	%100 Organik Pamuk
A2	30/1	Ring	%90 Organik Pamuk - %10 Recycle Pamuk
A3	30/1	Ring	%80 Organik Pamuk - %20 Recycle Pamuk
B1	20/1	Open End	%100 Organik Pamuk
B2	20/1	Open End	%90 Organik Pamuk - %10 Recycle Pamuk
B3	20/1	Open End	%80 Organik Pamuk - %20 Recycle Pamuk

Tablo 2’de üretilen ipliklerin mukavemet sonuçları verilmiştir.

Tablo 2. Proje kapsamında üretilen iplik testleri

Numune No	Üretilen İplik	Tensile Strength (gF)	Kopma (%)	Mukavemet (kgfNm)
1	A1	440.12	4.84	16.85
2	A2	421.96	4.58	13.46
3	A3	396.8	4.43	12.98
4	B1	362.23	4.47	12.42
5	B2	330.3	3.59	10.65
6	B3	303.3	3.42	10.04

Tablo 3’de üretilen kumaşlara yönelik pilling test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. Kumaş Pilling Test Sonucu

Numune No	Üretilen Numune	Pilling
1	A1	3-4
2	A2	3-4
3	A3	3
4	B1	2-3
5	B2	2-3
6	B3	1-2

Tablo 4’te üretilen kumaşlara yönelik patlama mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Tablo 4. Kumaş Patlama Mukavemeti Test Sonucu

Numune No	Üretilen Numune	P. S. (sn)	P. Y. (mm)	P. B. (kPa)
1	A1	20,2	44,6	240,33
2	A2	19,3	44,1	233,20
3	A3	18	43,9	220,50
4	B1	10,7	43,7	158,50
5	B2	9	42,8	150,65
6	B3	7,7	42,5	140,10

Tablo 5’te Antibakteriyel aktiviteye test sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. Antibakteriyel Aktivite (AATCC TEST 100)

Numune No	Kumaş	Yıkama Öncesi	20 Yıkama Sonrası
		Antibakteriyel Aktivite / AATCC TEST 100 (%)	Antibakteriyel Aktivite / AATCC TEST 100 (%)
1	A1	99,99	68
2	A2	99,99	65
3	A3	99,99	69
4	B1	99,99	69
5	B2	99,99	71
6	B3	99,99	73



Şekil 2. Medikal Kıyafet

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde kumaşların boncuklanma özelliklerine ve patlama mukavemetlerine etki eden faktörler aşağıda özetlenmiştir.

Patlama Mukavemetini etkileyen parametreler incelendiğinde;

- %100 organik pamuktan örülen kumaş recycle pamuk içerikli örülen kumaşa göre daha yüksek patlama mukavemetine sahiptir.
- Recycle pamuk oranı arttıkça patlama mukavemeti değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.

Boncuklanma özelliklerini etkileyen parametreler incelendiğinde;

En düşük boncuklanma eğilimi %100 organik pamuktan örülen kumaşlarda görülmüştür. En fazla boncuklanma ise %80 organik pamuk - %20 recycle pamuk karışımı ile örülen kumaşlara aittir.

%100 organik pamuk ipliklerin lif özelliklerinin recycle pamuk içerikli kumaşlara göre boncuklanmaya karşı daha dayanıklı kumaşlar üretilmesine olanak tanımıştır. . Bu durum, recycle pamuk liflerinin mukavemet ve uzunluk dağılımlarının farklı olması ve recycle işlemlerinin lifleri olumsuz etkilemesi vb. çok sayıda faktör ile ilişkilendirilebilir.

Elde edilen sonuçlardan incelendiğinde recycle pamuk ile organik pamuk karşılaştırıldığında antibakteriyel fonksiyonel özellikleri arasında bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada bize gösterdi ki AATCC TEST 100 standartına göre medikal kumaşların antibakteriyel koruyucuk özellikleri özellikleri 20 yıkama sonunda azalmaktadır.

Bu kumaşlar fonksiyonelliklerini kaybedeceği için kullanım amacını kaybetmektedir. Recycle ürünlerin kullanım ömrünün ve performans özelliklerinin kısa olması büyük bir dezavantaj iken medikal

kıyafetlerde beklenen kullanım süresi için yeterli dayanıma sahiptirler. Sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde kullan-at ya da kısa kullanım süresine sahip olan medikal kumaşlarda ve kıyafetlerde recycle ürünlerin kullanılmasının hem hammaddenin sürdürülebilir olması hem de düşük olarak değerlendirilen performans özelliklerinin bu ürün grubu için yeterli düzeyde olması sebebiyle recycle ürünlerin seçiminin çok daha isabetli olacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

[1] Kertmen, M, Kadem, F. D. ve Karagöl “A Study On Classified Quality Characteristics Of Post-Consumer Recycled Cotton Knitted Fabrics”, XVth International İzmir Textile and Apparel Symposium October 26-27 2021-Turkey, ss. 216-223.

[2] Wennerstrand, E. 2021. “Recycling of Textile and Plastic from an Interior Vehicle Component”, Degree Project in Chemical Science And Engineering, Second Cycle, 30 Credits Stockholm, Sweden 2021, pp. 1-51.

[3] Domina, T., & Koch, K. 1997. “The textile waste lifecycle”, Clothing and Textiles Research Journal, 15(2), pp. 96-102.

Rijit Poliüretan Köpük Üretimi için Biyobazlı Poliöl Sentezi

PUR, Seda^{1,2}, TAŞDELEN-YÜCEDAĞ, Çiğdem¹

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

²Assan Panel Sanayi ve Ticaret A.Ş.,

İstanbul cigdem@gtu.edu.tr

ÖZET

Poliüretan (PU) yapı, otomotiv, elektronik, beyaz eşya, tekstil ve boya gibi pek çok alanda kullanılabilen esnek, dayanıklı, çok amaçlı ve ticari öneme sahip bir polimerdir. PU'ların çok yönlülüğü sentezlerinde kullanılan bileşenler olan poliöl ve izosiyanatların farklılığından kaynaklanmaktadır. İnşaat sektöründe yalıtım amacıyla kullanılan rijit poliüretan köpük (RPUK) sistemleri PU pazarındaki en büyük paya sahiptir.

Petrol kaynaklarının hızla tükeniyor olması ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin artması polimerlerin sentezinde yenilebilir, düşük maliyetli ve kolay erişilebilen bitkisel kökenli hammaddelere yönelimi artırmıştır.

Bu çalışmada; bitkisel kaynaklardan biyobazlı bir poliöl geliştirilmesi ve elde edilen poliölün yangın direnci yüksek RPUK üretiminde kullanımı amaçlanmıştır. Bunun için, epoksilenmiş soya yağının (ESO) dietilen glikol (DEG) ile katalizör varlığında epoksi halka açılması reaksiyonuyla biyobazlı polioller sentezlenmiştir. Sentezlenen biyobazlı poliollerin polimerik difenilmetilen diizosiyanat (PMDI) ile kondenzasyon reaksiyonları sonucu RPUK'lar elde edilmiştir. Ayrıca sentezlenen biyobazlı poliollere inorganik Bentonit ilave edilerek RPUK'ların performans özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Sentezlenen biyobazlı poliollerin hidroksil (OH) sayıları tespit edilmiş ve yapıları FTIR ile karakterize edilmiştir. Elde edilen RPUK'ların, endüstriyel standartlara uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla yoğunluk, yanma ve basınç dayanımı değerleri petrol bazlı RPUK'lar ile karşılaştırılmıştır.

AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, bitkisel kaynaklar kullanılarak biyobazlı bir poliöl geliştirilmesi ve elde edilen poliöl ile yapı malzemeleri sektöründe kullanıma yönelik yanmazlığı geliştirilmiş PU köpük sentezlenmesidir. Bu sayede, bitkisel hammaddelerin endüstride kullanımları artacak, öte yandan çevre dostu, ekonomik, mekanik dayanımı ve yangın direnci yüksek RPUK üretimi gerçekleştirilecektir.

GİRİŞ

Günümüzde, petrol kaynakları hızla tükeniyorken bu kaynakların maliyetlerinin ve çevreye olumsuz etkilerinin hızla artıyor olması alternatif hammadde arayışını teşvik etmektedir. Petrol bazlı malzemelerin

geri dönüşüm ve tekrar kullanım zorluklarına bağlı olarak çevresel atık oluşumu da artmaktadır¹. Çevre dostu yenilenebilir kaynakların keşfedilmesi, küresel ısınma ve CO₂ emisyonu sorunları açısından da kritiktir. Petrol bazlı plastiklere kıyasla enerji verimliliklerinin yüksek olması, biyobozunabilen ve çevre dostu olmaları nedeniyle biyobazlı hammaddelere yönelim artmıştır².

Yalıtım sektöründe yaygın olarak kullanılan PU keşfedildiği 1940'lı yıllardan bu yana sürekli geliştirilen formülasyonları sayesinde günlük yaşamımızın her evresinde hayatımıza dokunan bir polimerdir. Enerji maliyetlerinin her geçen gün artış göstermesi PU gibi mükemmel bir yalıtım malzemesinin değerini yükseltmekte ve kullanım alanlarını çoğaltmaktadır³.

PU'lar polioller ve diizosiyanatların polikondenzasyon reaksiyonları sonucu oluşan polimerlerdir⁴. Moleküler düzeyde PU sentezinde polioller yumuşak segmenti oluştururken diizosiyanatlar sert segmenti oluşturmaktadır. Yapıdaki esnek ve sert segmentlerin oranları değiştirilerek çeşitli özelliklerde PU'lar üretilebilmektedir. Sert segmentin artırılmasıyla zincir hareketliliği azalacağı için kristalinite artışından dolayı PU'nun basınç ve yangın direnci gibi mekanik özellikleri artmaktadır⁵. Bununla birlikte, inorganik mineraller PU sentezinde dolgu maddesi olarak kullanılarak RPUK'nın mekanik özelliklerini artırmakta ve üretim maliyetlerini azaltmaktadır⁶.

Epoksi reçineler, doymamış polyesterler ve bitkisel yağlar gibi bitkisel kaynaklar kısmen ya da tamamen kullanılarak çevre dostu ve üretim maliyetleri açısından avantajlı RPUK'lar elde edilebilmektedir⁷. Bu çalışmada; ESO'nun DEG ile katalizör varlığında epoksi halka açılması reaksiyonuyla biyobazlı polioller sentezlenmiştir. Sentezlenen poliollerle bentonit katkısı ile RPUK'lar üretilmiştir. Poliöl sentez yönteminin ve hammadde seçiminin RPUK'ların mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Poliollerin OH sayısı ve FTIR karakterizasyonu yapılmış, üretilen RPUK'ların yanma, yoğunluk ve basınç dayanımları tespit edilmiştir.

DENEYSEL

Malzeme

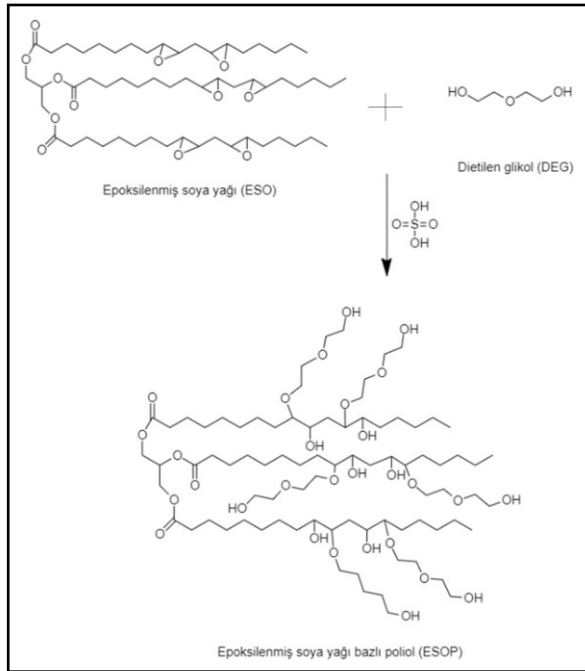
Bu çalışmada kullanılan ESO Ataman Kimya firmasından, DEG ve sülfürik asit (H₂SO₄) Sigma Aldrich'den, polieter poliöl (Isoxter 4404) Coim firmasında, polimerik MDI (SR550) Kumho Mitsui

Chemicals Inc. firmasından, Bentonit ise Eczacıbaşı-Esan firmasından temin edilmiştir. OH sayısı tayini için gerekli olan Asetonitril (ACN), Tetrabutylamonyumhidroksit (TBAOH) ve p-Toluensülfonil izosiyanat (TSI) ise Sigma Aldrich'den temin edilmiştir.

Yöntem

Biyobazlı Poliöl Sentezi

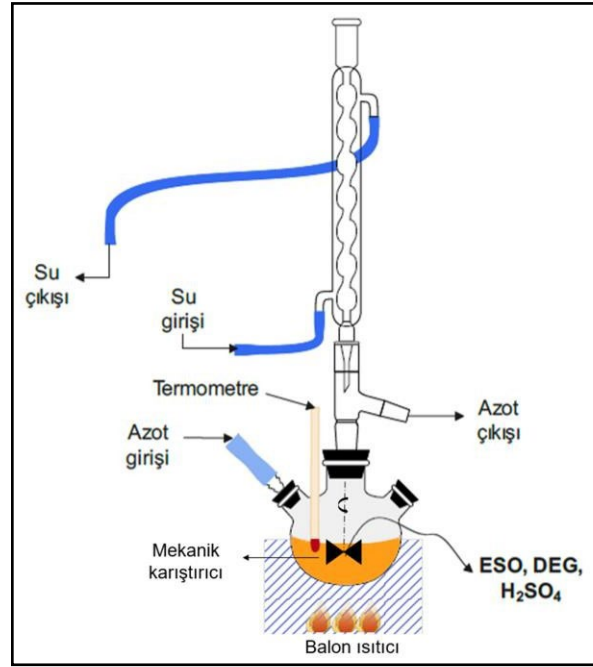
Biyobazlı polioller (ESOP), 100 g ESO (M_w : 932 g/mol) ile 68,2 g DEG'in epoksi halka açılması reaksiyonu ile Şekil 1'deki gibi sentezlenmiştir. Reaksiyonlarda katalizör olarak H_2SO_4 kullanılmıştır. Epoksi gruplarının DEG'e molar oranı 1:6'dır. Değişen sıcaklık ve katalizör oranlarında biyobazlı polioller sentezlenmiştir. Reaksiyon sıcaklığı 60°C, 80°C ve 95°C'dir. Katalizörün konsantrasyonu, ESO ve DEG'in toplam ağırlığının %0,1, %0,2, %0,3, %0,5 ve %1'i kadardır.



Şekil 1. ESOP sentezi

Biyobazlı poliöl sentezi çalışmalarında 1 litrelik beş boyunlu balon kullanılmıştır. Balon ısıtıcı manyetik karıştırıcı yatağına yerleştirilmiştir. Bir geri akış (reflux) kolonu, bir mekanik karıştırıcı, bir inert gaz (azot) beslemesi, bir termometre ve malzeme yüklemesi için bir boyun kullanılmıştır. Deney düzeneği Şekil 2'de gösterilmiştir. Deneysel çalışmalarda ilk olarak ESO balon içerisine eklenmiştir. 50°C sıcaklıkta yaklaşık 30 dk karıştırıldıktan sonra deneysel çalışma için belirlenen sıcaklık değerlerine (60°C, 80°C ve 95°C) ulaşıldıktan sonra DEG eklenmiştir. Ardından belirli

konsantrasyondaki (%0,1, %0,2, %0,3, %0,4, %0,5 ve %1) katalizör yarım saat aralıklarla eklenerek sentez işlemleri tamamlanmıştır. Tüm çalışmalarda katalizör eklemeleri 90 dk içerisinde tamamlanmıştır.



Şekil 2. ESOP sentezi deney düzeneği

RPUK'ların Hazırlanması

Sentezlenen ESOP'lar kullanılarak poliöl karışımları elde edilmiştir. Poliöl karışımının miktarı Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Poliöl karışımlarındaki kimyasalların özellikleri

Madde	Viskozite (mPa.s, 25 °C)	OH Sayısı (mgKOH/g)
Polieter poliöl	3200	450
Poliester poliöl	3000	240
Alev geciktirici	65	0
Su	1	6233
Katalizörler	500	815
Silikon	800	97

Poliöl karışımları ile polimerik MDI'nın (PMDI) 1:1,6, 1:1,7, 1:1,8 ve 1:2,35 OH:NCO oranında reaksiyonu sonucunda RPUK'lar elde edilmiştir. Poliöl karışımları ve PMDI 5 saniye boyunca mekanik karıştırıcıda karıştırılarak 30cm*30cm*5cm ölçülerinde metal kapalı kalıplara dökülerek 5 dakika boyunca 45°C kalıp sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından RPUK'lar kalıptan çıkarılarak performans testleri için uygun boyutlarda kesilmiştir.

DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

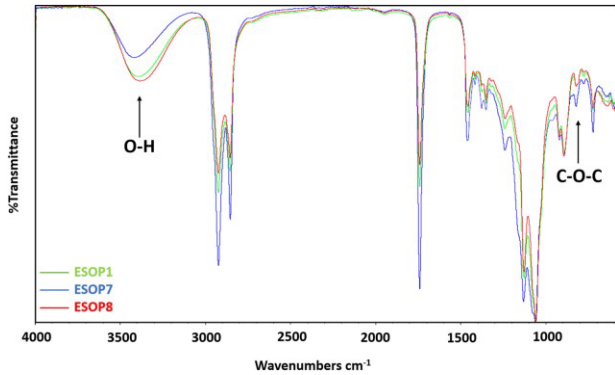
ESOP Sentezi ve Yapı Analizi

ESO'nun DEG ile epoksi halka açılması reaksiyonu belirli konsantrasyonlarda katalizör varlığında çeşitli sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Biyobazlı poliollerin sentezlendiği deneysel çalışmalar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. ESOP'ların sentezlenme deney koşulları

Poliol	ESO (g)	DEG (g)	H ₂ SO ₄	Sıcaklık
ESOP1	100	68,2	%1	95 °C
ESOP2	100	68,2	%1	60 °C
ESOP3	100	68,2	%0,1	95 °C
ESOP4	100	68,2	%0,2	95 °C
ESOP5	100	68,2	%0,3	95 °C
ESOP6	100	68,2	%0,1	80 °C
ESOP7	100	68,2	%0,3	80 °C
ESOP8	100	68,2	%0,5	80 °C

Şekil 3'te ESOP'ların FTIR spektrumları gösterilmektedir. Sentezlenen ESOP1, ESOP7 ve ESOP8 için 821 ve 833 cm⁻¹ aralığındaki ESO'nun karakteristik pikleri⁸ kaybolmuştur. ESO'da bulunmayan -O-H grubunu temsil eden ESOP1 için 3403 cm⁻¹, ESOP7 için 3370 cm⁻¹ ve ESOP8 için 3373 cm⁻¹ spektrumunda karakteristik pikler görülmüştür.



Şekil 3. Sentezlenen ESOP'ların FTIR spektrumu

Sentezlenen biyobazlı poliollerin OH sayıları ASTM-E1899-16 standardına göre tayin edilmiştir. OH sayısı tayini sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. Sentezlenen ESOP'ların ESO:DEG molar oranı 1:6 olduğundan teorik olarak hesaplanan OH sayısı 429 mgKOH/g'dır. Bu OH değeri, Tablo 1'de belirtilen petrol bazlı poliollerin karışımında bulunan polieter poliollerin yerine kullanabilmek amacıyla belirlenmiştir. OH sayısı tayini sonucunda ESOP7 biyobazlı poliollerin sentezlendikten sonra OH sayısı 440,59 mgKOH/g olduğundan ve %0,3 oranında H₂SO₄ içeriğinden dolayı PU sentezi sırasında ESOP7 biyobazlı poliollerin

kullanılmıştır. PU reaksiyonunda ortamda bulunan asit, izosiyanat ile reaksiyona girerek karbon monoksit gazının açığa çıkmasına neden olduğundan biyobazlı RPUK üretiminde poliollerin düşük asit sayısı nedeniyle ESOP7 tercih edilmiştir.

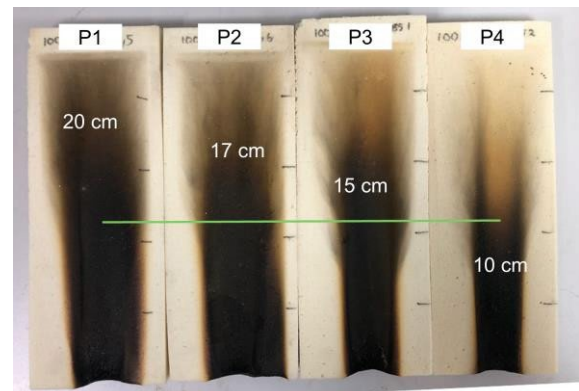
Tablo 3. ESOP'ların OH sayısı tayini sonuçları

Poliol	Deneysel OH sayısı (mgKOH/g)
ESOP1	418,78
ESOP5	595,6
ESOP7	440,59
ESOP8	643,5

Optimum PMDI Miktarının Tespiti

RPUK'un temel hammaddelerinden birisi olan ve sert segmentini oluşturan PMDI'nin miktarının yanma davranışına etkisinin tespiti amacıyla farklı OH:NCO oranlarında RPUK'lar üretilmiştir. Poliollerin karışımı ile PMDI'nin 1:1,6, 1:1,7, 1:1,8 ve 1:2,35 OH:NCO oranında reaksiyonu sonucunda RPUK'lar elde edilmiştir. Tablo 4'de üretilen RPUK'ların içerik bilgisi yer almaktadır. Köpük üretimleri esnasında şişirici gaz olarak n-pentan kullanılmıştır. Poliollerin karışımının (polieter polioller, poliester polioller, alev geciktirici, katalizörler, yüzey aktif madde/silikon, su, pentan) PMDI ile kondenzasyon polimerizasyonu sonucunda RPUK'lar oluşmuştur.

Üretilen köpüklere TS EN ISO 11925-2 standardına göre tek kaynaklı alev testi uygulanmıştır. Köpüklerin test sonuçları Şekil 4'teki gibidir.



Şekil 4. PMDI oranı farklı RPU'ların tek kaynaklı alev testi sonuçları

Köpüklerin alev boyları karşılaştırıldığında P1 20 cm, P2 17 cm, P3 15 cm ve P4 10 cm alev boyuna sahiptir. PMDI oranının artmasıyla birlikte köpüklerin alev boylarında azalma görülmüştür. Bunun nedeni PMDI'nin aromatik yapıya sahip olmasından dolayı PU

köpük içerisindeki sert segmentin artmasıdır. Bu durum yanma davranışının iyileşmesine sebep olmaktadır. P4 köpüğün alev boyu oldukça kısa olmasına rağmen OH:NCO oranı 1:2,35 olduğundan kalıp içerisinde köpüğün yayılması zayıf kalmıştır. Alev boyunun 15 cm olması ve kalıp içerisinde köpüğün yayılması uygun olduğunda 1:1,8 OH:NCO oranı ile çalışmalara devam edilmiştir.

Tablo 4. RPUK hammaddeleri

	P1	P2	P3	P4
	%	%	%	%
Polieter polioli	50	50	50	50
Poliester polioli	50	50	50	50
ESOP	0	0	0	0
Alev geciktirici	15	15	15	15
Su	2	2	2	2
Katalizörler	3,5	3,5	3,5	3,5
Silikon	2	2	2	2
N-Pentane	10	10	10	10
PMDI	160	170	180	235

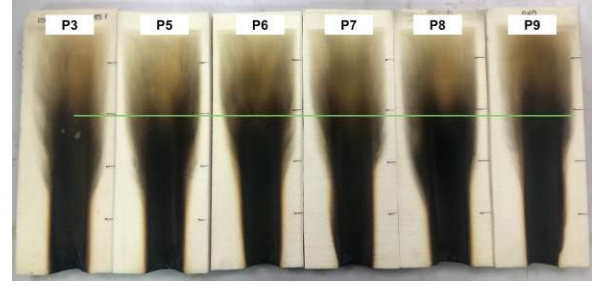
Biyobazlı RPUK'ların Alev Boyu Testi

Sentezlenen ESOP'lerden ESOP7'nin OH sayısı 440,59 mgKOH/g olarak elde edildiği için RPUK formülasyonlarında kullanılmıştır. P3 köpük formülasyonunda polieter polioliun OH sayısı ESOP7 ile yakın olduğu için belirli oranlarda birbirinin muadili olarak kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Sentezlenen köpüklerin OH:NCO oranları 1:1,8'dir. Yapılan çalışmaların miktarları Tablo 5'te özetlenmiştir.

Köpüklerin yanma performansları Şekil 5'te gösterilmiştir. Tamamı ESOP içeren köpük (P9) dışındaki tüm köpüklerin alev boyu 15 cm çıkmıştır. Biyobazlı polioli kullanımının yanma davranışına olumsuz etkisi gözlemlenmemiştir.

Tablo 5. Biyobazlı RPUK hammaddeleri

	P5	P6	P7	P8	P9
	%	%	%	%	%
Polieter polioli	40	30	20	10	0
Poliester polioli	50	50	50	50	50
ESOP	10	20	30	40	50
Alev geciktirici	15	15	15	15	15
Su	2	2	2	2	2
Katalizörler	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Silikon	2	2	2	2	2
N-Pentane	10	10	10	10	10
PMDI	180	180	180	180	180



Şekil 5. Biyobazlı polioli oranı farklı köpüklerin tek kaynaklı alev testi sonuçları

Biyobazlı RPUK'ların Yoğunluk ve Basınç Dayanımı

Üretilen RPUK'ların katı yoğunlukları ölçülmüş ve basınç dayanımı testi yapılmıştır. Performans testleri sonuçları Tablo 6'da özetlenmiştir. ESOP'ların formüller içerisinde kullanımı yoğunluk ve basınç dayanımı değerlerini olumsuz etkilememiştir.

Tablo 6. RPUK'ların yoğunluk ve basınç dayanımı test sonuçları

RPUK	Yoğunluk (kg/m ³)	Basınç dayanımı (MPa)
P3	39,16	0,185
P5	40,3	0,188
P6	39,4	0,197
P7	39,2	0,185
P8	40,4	0,186
P9	38,9	0,181
P10	40,5	0,192
P11	40,8	0,192
P12	41,2	0,197
P13	41,3	0,201

İnorganik Katkı Malzemesinin Yanmazlık Üzerindeki Etkisi

Biyobazlı polioller kullanarak elde edilen RPUK'ların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve yangın dirençlerinin artırılması amacıyla ESOP'ların içerisine inorganik dolgu malzemesi ilave edilerek RPUK'lar üretilmiştir. Dolgu malzemesi ilave edilen RPUK'ların formülasyon oranları Tablo 7'de gösterilmiştir. Çalışmada bentonit katkısı ile RPUK'ların performans özellikleri incelenmiştir. Köpüklerin yanma performansları belirli seviyede (15 cm) tutulmuş olmasına karşın yoğunluk ve basınç dayanımı değerleri kısmen iyileşmiştir (Tablo 6).

Tablo 7. Bentonit ilaveli biyobazlı RPUK hammaddeleri

	P10	P11	P12	P13
	%	%	%	%
Polieter poliol	10	10	10	10
Poliester poliol	50	50	50	50
ESOP	40	40	40	40
Alev geciktirici	15	15	15	15
Su	2	2	2	2
Katalizörler	3,5	3,5	3,5	3,5
Silikon	2	2	2	2
N-Pentane	10	10	10	10
pMDI	180	180	180	180
Bentonit	2,5	5	7,5	10

GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada yalıtım sektöründe yaygın olarak kullanılan yangın direnci yüksek RPUK'ların üretilmesi amacıyla PU temel hammaddelerinden birisi olan poliol bileşeni biyobazlı olarak sentezlenmiştir. Bu amaçla, ESO'nun -O-H grubu içeren DEG ile katalizör varlığında epoksi halka açılması reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; belirlenen OH sayısına sahip poliol üretimi %0,3 H₂SO₄ katalizör varlığında, 80°C reaksiyon sıcaklığı ve 6 saat reaksiyon süresinde gerçekleşmiştir. Biyobazlı poliol kullanımının %40 oranına kadar köpüğün yanma, yoğunluk ve basınç dayanımı performans özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bentonit katkısı ile biyobazlı RPUK'ların mekanik özellikleri incelenmiştir. Bentonit ilavesi ile köpüklerin yanma performansları belirli seviyede (15 cm) tutulmuş olmasına karşın yoğunluk ve basınç dayanımı değerleri kısmen iyileşmiştir. Bitkisel kaynaklı hammadde kullanımı ve inorganik dolgu malzemesi ilavesi ile ekonomik, çevre dostu, yanma direnci ve mekanik özellikleri yüksek RPUK üretimi gerçekleştirilmiştir.

SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Sonraki dönem içerisinde, farklı inorganik katkı malzemelerinin ilavesinin RPUK'nın hücre yapısı, mekanik özellikleri ve yanmazlık özellikleri üzerine etkisinin ayrıntılı olarak incelenmesi hedeflenmektedir. Ardından tüm sonuçlar karşılaştırılarak en uygun biyobazlı ve inorganik katkılı RPUK üretilmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma, Assan Panel Sanayi ve Ticaret A.Ş. öz kaynakları ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Nikje, M. M. A., ve Tehrani, Z. M., 2010. Thermal and mechanical properties of polyurethane rigid foam/modified nanosilica composite. *Polymer Engineering and Science*, 50: 468-473.
2. Chung, Y. J., Kim, Y. and Kim, S., 2009. Flame retardant properties of polyurethane produced by the addition of phosphorus containing polyurethane oligomers (II), *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 15:888-893.
3. Sadowska, J. P. and Czuprynski, B., 2006: New compounds for production of polyurethane foams, *Journal of Applied Polymer Science*, 102:5918-5926.
4. Saçak, M., 2013. *Polimer teknolojisi*, Gazi Kitabevi, Ankara.
5. Touchet, T. J. 2016. Hierarchal structure–property relationships of segmented polyurethanes, *Advances in Polyurethane Biomaterials*. Elsevier Ltd., pp.3-22.
6. Pauzi N.N.P.N., Majid R.A., Dzulkifli M.H., Yahya M.Y., 2014. Development of rigid bio-based polyurethane foam reinforced with nanoclay, *Compos. Part B-Eng.*, 67, 521-526.
7. Jaillet, F., Darroman, E., Boutevin, B. and Caillol S., 2016. A Chemical Platform Approach on Cardanol Oil: from the Synthesis of Building Blocks to Polymer Synthesis, *Oilseed & fats Crops and Lipids*.
8. Dai, H., Yang, L., Lin, B., Wang, C., & Shi, G. 2009. Synthesis and Characterization of the Different Soy-Based Polyols by Ring Opening of Epoxidized Soybean Oil with Methanol, 1,2-Ethanediol and 1,2-Propanediol. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(3), 261–267.

-
- TAŞDELEN-YÜCEDAĞ, Çiğdem (ORCID 0000-0003-1232-5462)
 - PUR, Seda (ORCID 0000-0001-5046-5111)

POSTERS



Development of Velvet Spacer Fabric And Finishing Technologies

Hasan TUNA¹, Erkam DURUKAN¹, Sadık KORKMAZ¹, Ramazan GÖMEÇ¹, Hasan SAĞIR¹,

¹Aydın Mensucat San. Tic. A.Ş. İstanbul. Turkey

ABSTRACT

Spacer fabrics are 3-dimensional textile surfaces formed by bonding two textile surfaces with binding threads or layers. Spacer fabrics, which can be used as knitting, woven or nonwoven as a production technique, are used in sectors such as automotive, aviation and construction.

The velvet spacer fabric produced within the scope of the project has a pile structure on its surface, unlike the existing spacer fabrics. This pile structure is aimed to provide a better sound absorption property, better thermal resistance and better air permeability to the fabric developed, as well as an aesthetic appearance and a good touch. In addition, the production technique used is different from the standard spacer fabric production techniques used today.

MATERIALS AND METHODS

The production of the developed velvet spacer fabric, 300D twisted PES yarn was used as warp yarn, 300D centered PES yarn as weft and 300D PES and 300 / 144D TN PES / Nylon yarn as connecting yarns were used. As a weaving machine jacquard loom is preferred. In order to adjust the pile size and tread pattern in between, a carcass bench was preferred. It is used as jacquard type machine with gearbox. Because of the high pile size, jacquard with gearbox was used instead of the existing eccentric jacquard in order to open the pile nozzle sufficiently.

Fabric construction While the 1st pile threads are connected with the weft threads, the 2nd and 3rd pile threads have skipped over the top fabric, resulting in the desired curl effect. The yarns that will form the ground fabric from the warp beam, the yarns that connect the two ground fabrics and form the piles come from the creel.

In order to give the fabric a curl effect, a velvet loom operating according to the jacquard opening principle was preferred. Knitting movements are required for pattern adjustment. This knitting structure was provided by a loom moving from jacquard.

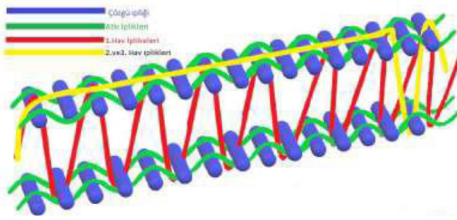


Figure 1: Knitting structure of the developed spacer fabric

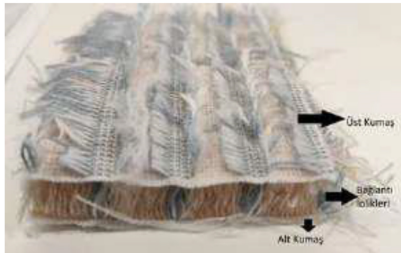


Figure 2: The appearance and layers of the developed spacer velvet fabric

Moisture determination, sound absorption coefficient analysis were performed on the developed velvet spacer fabric. The results are as below. The thickness of the fabrics are as follows. I. 4,43mm II. 4,40mm III. It is in the form of 4.50mm. The thickness of the developed spacer fabric is determined as 1.2 cm. Developed velvet spacer fabric moisture determination was made according to ASTM D2654 standard. The moisture determination of the spacer fabric developed according to this standard was determined as 1.2%, If the results are compared, the sound absorption coefficients of standard spacer fabrics increase over time, while the sound absorption coefficient of velvet spacer fabric is high even at the beginning decibels. According to these results, the sound absorption coefficient of velvet spacer fabric is better than normal spacer fabrics.

Table 1. Developed spacer fabricsound absorption coefficient graph

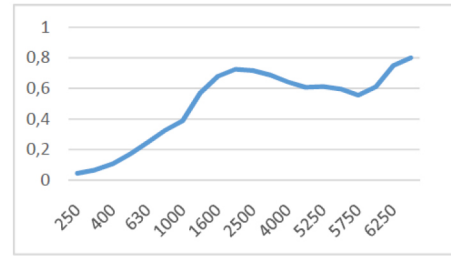
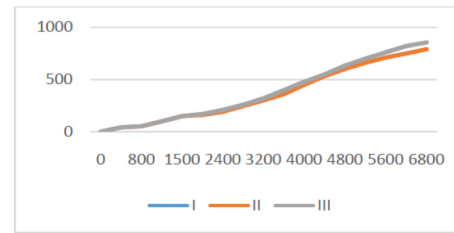


Table 2. Sound absorption coefficient graph of other spacer fabrics. [1]



CONCLUSION

As a result of the tests carried out and the findings obtained, Aydın Mensucat A.Ş. It has been observed that the spacer fabric, developed using its infrastructure, is more suitable for human health than the glass wool and rock wool used in the current construction sector. In addition, it has been observed that it has better sound absorption coefficient and moisture permeability than the existing spacer fabrics. It was concluded that the spacer fabric, which was developed in the light of these findings, is more suitable for use in today's conditions. Also as a Aydın Mensucat A.Ş. we patented about this project product.

REFERENCES

- [1] V. ÖZYAĞAN ve B. SAVAŞ, «Deniz Taşıtları İç Mekanlarına Özel Spacer (3D Sandwich) Döşemelik Kumaş Tasarımı», İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, pp. 43-71, 2016.

FARKLI YAPIDAKİ KUMAŞLARA ANTİMİKROBİYAL APRE UYGULAMASI VE ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Nisa SİPAHİ¹, Mehmet Ekrem AKBULUT², Aysun YENİCE², Tuğba ZENGİN²

¹ Düzce Üniversitesi Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi, Düzce, Türkiye

² Küçükçalık Tekstil Ar-Ge Merkezi Bursa, Türkiye

ÖZET

Günlük hayatın birçok yerinde tekstil materyallerden üretilmiş ürünler başı çekmektedir. Dolayısıyla sağlıklı bir yaşam kalitesi oluşturulmasında tekstil materyaller de rol oynamaktadır. Özellikle enfeksiyöz etmenlerden korunmada tekstil ürünlerin önemli bir payı bulunmaktadır. Son iki yıldır yaşanan covid-19 pandemi süreci tekstilin önemine daha da dikkat çekmiştir. Bununla birlikte "tekstil bizi salgınlardan koruyabilir mi?" sorusunu da gündeme getirmiştir. Bakterilerle dolu bir çevremiz olması, virüslerin bakterilere tutunarak saçılması ve bakteri kaynaklı nozokomiyal hastalıkların son yıllarda artış göstermesi, antimikrobiyal tekstil üretiminin önemli ihtiyaçlardan olduğunu gözler önüne sermektedir. Bu çalışmada da farklı yapıdaki kumaşlara gümüş ve kuarterner amonyum tuz (QAS) apre uygulanması ve antimikrobiyal etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

1. DENEYSEL ÇALIŞMA:

1.1. Malzeme:

Malzeme seçimi yapılırken poliester ve pamuk liflerinin yapısal farklılıkların farklı apre kimyasalları üzerinde nasıl etki edeceğini gözlemlemek amacıyla seçilmiştir. Seçilen poliester ve pamuk liflerinin gramaj ve sıklıkları aynı olacak şekilde numune dokuması gerçekleştirilmiştir. Numune kumaş üretimi Küçükçalık dokuma fabrikasında, apre prosesleri ve fiziksel testler Küçükçalık Ar-Ge Merkezi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Numune	Numune İçeriği	Üretim Şekli	Kullanılan Apre Tipi
1	Poliester	Yıkama + Apre	Gümüş Bazlı
2	Poliester	Yıkama + Apre	Gümüş Bazlı
3	Poliester	Yıkama + Apre	Tuz Bazlı
4	Poliester	Yıkama + Apre	Tuz Bazlı
5	Pamuk	Kasar + Apre	Gümüş Bazlı
6	Pamuk	Kasar + Apre	Gümüş Bazlı
7	Pamuk	Kasar + Apre	Tuz Bazlı
8	Pamuk	Kasar + Apre	Tuz Bazlı

1.2. Antimikrobiyal Test:

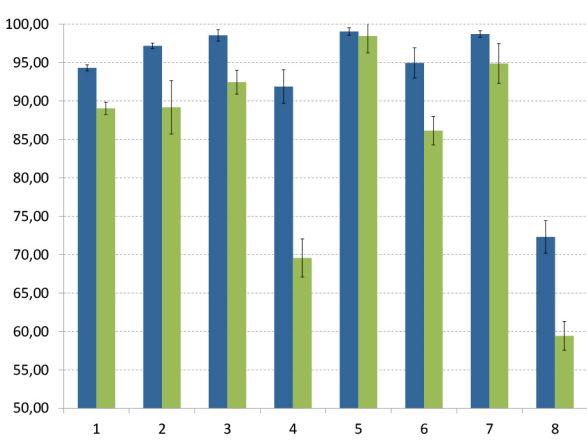
Test Laboratuvarı : Düzce Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı
Test Standartı : AATCC 100

Üretilen kumaşların antimikrobiyal etkinlikleri AATCC100 metoduyla belirlenmiştir. Kumaşlar 4±0,1 cm dairesel olarak kesilmiştir. Kumaş üzerine belirtilen yoğunlukta hazırlanan bakteri süspansiyonu inoküle edilerek hızlıca steril su içerisinde çalkalanmış ve agar plak üzerine bırakılmıştır. Bu noktada bakteri kolonilerinin sayılması için NA (Nutrient agar, Merck) katı besi yeri üzerine yayma ekim yapılmış ve 37°C'de 24 saatlik inkübasyona bırakılmıştır. Böylece 0. zaman bakteri kolonileri kaydedilmiştir (B). Bununla birlikte her bir kumaşın bakteriler üzerindeki inhibisyon yüzdesinin belirlenmesi için kumaşlar üzerine emdirilen bakteri kültürü aynı şartlarda inkübasyona bırakılmıştır. Ardından 24. zamanda hızlıca steril su içerisinde daldırılıp ekim yapılarak tekrar inkübe edilmiş ve bakteri üremeleri kaydedilmiştir (A). Oransal inhibisyon (R) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir:

$$R(\%) = 100 (B-A)/B$$

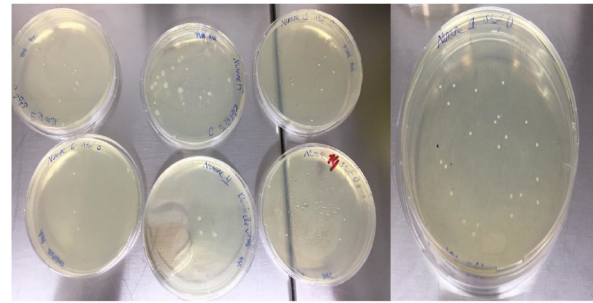
Antimikrobiyal testler 3 tekrarlı olarak çalışılmıştır. Inhibisyon oranları % ortalama ±SD olarak verilmiştir. Gram pozitif ve gram negatif bakteri için ayrı olmak üzere tüm gruplar arasındaki inhibisyon farkı Kruskal-Wallis varyans analizi ile hesaplanmıştır.

Kumaşların İnhibisyon Oranları



Kumaşların bakteriler üzerindeki inhibisyon oranları: Gram (+) bakteri: *S. aureus*, Gram (-) bakteri: *K. pneumoniae*. Tüm bakterilerin inhibisyon oranları karşılaştırıldığında anlamlı farklılık tespit edilmiştir (p=0,003).

Çalışmada test edilen tüm kumaşların gram pozitif bakterilere karşı daha etkin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte tüm gümüş apreli pamuk kumaşlarda etkinin diğerlerine oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gümüş aprenin ise her ki kumaş yapısında da daha fazla etkin olduğu görülürken tuz aprenin ise poliester kumaşta pamuk olana göre daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır. Gram pozitif bakteride inhibisyon oranları tüm gruplar arasında Kruskal-Wallis varyans analizi ile karşılaştırıldığında anlamlı fark tespit edilmiştir (p<0,01). Gram negatif bakteride inhibisyon oranları tüm gruplar arasında Kruskal-Wallis varyans analizi ile karşılaştırıldığında anlamlı fark tespit edilmiştir (p<0,01).



Şekil 1. Agar üzerinde oluşan kolonilerin görüntüsü

SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada farklı yapıdaki kumaşlara uygulanan antimikrobiyal bitim işlemlerinin yüksek etkinlik gösterdiği görülmüştür. Öne çıkan kumaş türü pamuk apre kimyasalı ise gümüş olmuştur. Ancak işlemlerin kalıcılığının açısından ileriki çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çeşitli enfeksiyon hastalıklarındaki eradikasyon veya sağaltım çalışmalarında ve günümüz pandemisiyle mücadelede antimikrobiyal tekstil sektörünün oldukça büyük bir yere sahip olduğu unutulmamalıdır. Virüslerin taşınımında da rol oynayan bakterilerin üremesini engelleyen bu tür kumaşların yaygınlaştırılmasının günlük hayatın birçok yerinde sağlık için önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.

*Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi'nde yayınlanmak üzere kabul almıştır.

Elektromanyetik Kalkanlama Özellikli Seamless Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin İncelenmesi

KOPTUR TASAN, Perinur, ÇÖREKCİOĞLU, Mustafa, YILDIRIM, F. Filiz, ARAS ELİBÜYÜK, Sultan, DEMİR, Özlem
Ozanteks Tekstil San ve Tic. A.Ş.
perinur.koptur@ozanteks.com.tr

ÖZET

Günlük hayatta sıklıkla kullanılan cep telefonları, bilgisayarlar, mikrodalga fırınlar, televizyonlar, klimalar, fotokopi makineleri, baz istasyonları, tıbbi cihazlar ve daha pek çok elektrik-elektronik cihazlar ve sistemlerin olumsuz etkilerinin tekstil materyalleri ile azaltılabilmesi amaçlanmıştır. Değişen yaşam biçimi ve beraberinde ortaya çıkan yeni kavramlar insanların tekstil ürünlerinden beklentilerini de değiştirmektedir. Statik elektriklenmeyi önleyici, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte iletken özellikli teknik kumaşlara olan talep giderek artmaktadır¹. Bu ürünlerin üretiminde kullanılan ipliklerden biri olan gümüş ipliklerin de elektromanyetik kalkanlamanın yanı sıra antibakteriyel özelliğe sahip olduğu literatürde belirtilmektedir. Bu çalışmada da iletken özellikli iplikler (gümüş içerikli) kullanılarak üretilen elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless tekstil ürünlerinin antibakteriyel özellikleri incelenmiştir.

AMAÇLAR

Değişen yaşam koşulları ile birlikte tüketicilerin tekstil ürünlerinden beklentileri de değişmektedir. Kullanıcıların konfor ve güvenliğini olumlu yönde etkileyen fonksiyonel özellikli ve katma değeri yüksek tekstil ürünlerine olan ilgi artmaktadır. Statik elektriklenmeyi önleyici elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte iletken kumaşlara olan talep giderek artmaktadır. Bu çalışma ile elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip kumaşların antibakteriyel etkinliklerinin ölçülmesi ile fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

GİRİŞ

Elektronik cihazların günlük hayattaki yeri ve önemi artmıştır. Cep telefonları, bilgisayarlar, radyo ve televizyonlar, elektronik cihazların bulunduğu ortamlar hayatımızın her alanında karşımıza çıkmaktadır. Geniş bir alana etki eden baz istasyonları, cep telefonları, internet ağları, tüm canlıların yaşam kalitelerine etki edebilmektedir. Elektromanyetik radyasyona maruz kalan insanlarda kalp atışlarının değişimi, bilinç kaybı, halsizlik gibi pek çok etki ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle çevremizi kaplayan elektromanyetik yayımının neden olduğu zararların azaltılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli hale gelmiştir.

Son yıllarda gerçekleşen gelişmelerle insanların yaşam tarzlarındaki kalite standartları önemli ölçüde ilerleme göstererek, konfor ve temizlik konusundaki hassasiyetler büyük oranda artmıştır. Tekstil yüzeylerindeki uygun sıcaklık aralıkları ve nem sayesinde bakteriler çok hızlı bir şekilde çoğalmaktadır. Kontrolsüz bakteri çoğalması, çevre ve insan sağlığına zarar verirken, konfor kayıpları ve kötü koku oluşumu meydana getirmektedir. Ayrıca kumaş üzerinde meydana gelebilecek renk bozulmaları, performans kayıpları ve leke oluşumları bakımından da olumsuz etkiler gözlelenebilir. Antibakteriyel özellik kazandırılan tekstil ürünleri bakterilerin neden olduğu olumsuzlukları azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır⁵.

Gümüş iplik içerikli elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip kumaşların yıkama dayanımları çok yüksek olmadığı için bu ürünlerin antibakteriyel özellikte olması kullanıcılar için tercih sebebi olacaktır.

DENEYSEL

Malzeme

Elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless ürünlerin üretiminde, gümüş içerikli Frescura ve elastan iplikler kullanılmıştır.

Yöntem

Santoni M-8 dikişsiz örgü makinesi ile seamless ürünlerin örme işlemleri yapılmıştır.

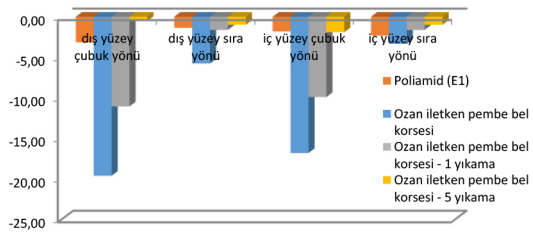
Seamless ürünlerin antibakteriyel etkisi ölçülmüştür. Ölçüm; ISO 20743:2013 Tekstillerde Antibakteriyel etkisinin belirlenmesi standardına göre yapılmıştır. Bu standarda göre dört farklı bakteri kullanılmıştır. Bunlar; *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterileridir.

Bu kapsamda; gümüş iplik içerikli elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless kumaşlardan 1cmx1cm ölçüsünde kesilen örnekler otoklavlanarak (121 °C, 1atm, 15dak) petride mevcut bakterilerin yüzeyine bırakılmış ve 37 °C' de inkübasyonda bekletilmiştir.



DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

In-house olarak geliştirilen test yöntemi ile seamless ürünlerin elektromanyetik kalkanlama değerleri ölçülerek hesaplamalar yapılmış ve aşağıdaki grafik oluşturulmuştur.



Şekil 1: Poliamid ve iletken iplik içeren (ozan iletken bel korsesi) seamless ürünlerin elektromanyetik kalkanlama değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 1'de (-) yönde görülen artış; elektromanyetik kalkanlama özelliğinin arttığını göstermektedir.

Gümüş içerikli elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless ürünlerin antibakteriyel özellikleri ISO 20743:2013 standardına göre ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1'de 37 °C' de inkübasyonda bekletilen kumaş parçalarının bakteri çeşitlerine göre oluşturdukları zon çapları verilmiştir. İnkübasyon sonucunda gözlemlenen her türlü zon oluşumu ürünün antibakteriyel olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless kumaşların ISO 20743:2013 standardına göre antibakteriyel test sonuçları

Bakteri Çeşidi	Zon Çapı (mm)
<i>Bacillus subtilis</i>	2,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	2,5
<i>Escherichia coli</i>	1,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2

GENEL SONUÇLAR

Çalışma sonuçları incelendiğinde elektromanyetik kalkanlama özellikli seamless kumaşların 4 farklı bakteri türüne karşı antibakteriyel özellikte olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 1).

KAYNAKLAR

- Bedeloğlu A., Sünter N., Bozkurt Y., Elektriksel olarak iletken tekstil yapıları üretim yöntemleri ve kullanım alanları Tekstil ve Mühendis Dergisi, 79 (2010) Cilt 17 sayfa 1-37
- Palamutcu, S., Dağ, N., 2009. Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt.3, no.1, s 87-101.
- Kılıçtırgay, K., Gökırmak, F., Töre, O., Görel, G., Helvacı S., Temel Mikrobiyoloji ve Parazitoloji, Güneş ve Nobel Tıp Kitapçıları, 2. Basım, Bursa, 1992.
- Gupta, D., Bhaumik, S., Antimicrobial Treatments for Textile, Indian Journal of Fibre and Textile Research, Vol: 32, June 2007, s 254-263.
- Mucha, H., Höfe, D., Swerev, M., 2006, Antimikrobiyel Terbiye ve Türleri, Tekstil Maraton, Ocak - Subat 1/2006, s 64-69.
- Sevgi L. (2000). Elektromanyetik uyumluluk elektromanyetik kirlilik EMO İstanbul Tübitak-Mam Teknolojik işbirliği dergisi, Nisan 2000
- Yağcı, Abdulkadir. Çözgümlü örme tekniği ile üretilmiş Askeri araç kamufajlarının Elektromanyetik Dalgalara karşı Kalkanlama özelliklerinin geliştirilmesi. Diss. Marmara Üniversitesi (Turkey), 2019.
- Sevgi, L. 2004 : EMC ve Korunma Yöntemleri : (I) Ekranlama. Endüstri&Otomasyon, retrieved December 28, 2009
- Türksoy E.S., Üstündağ S., Santaş Ö., Saraçoğlu Ö.G., "Tekstil Malzemelerinin Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliği Ölçümünde Yenilikçi Bir Test Aparatı", Tekstil ve Mühendis, cilt.22, ss.15-26, 2015

Özet

Otomobilde klima fonksiyonu, artık otomobillerin seçmeli özellikleri arasından çıkıp, standart özellikler içinde yerini almıştır. Otomobilin genel kliması sürücü için yeterli olmamaktadır. Bu sistemlerde sürücü ve yolcuların sadece ön tarafı (göğsü), soğumaya veya ısınmaya başlamaktadır. Dolayısıyla gövdenin önü ve arkası arasında sıcaklık farkı oluştuğu için bu durum birçok kişinin hastalanmasına veya konforsuz hissetmesine yol açmaktadır. Otomobilin soğuması, belli bir zamanı almakta ve eğer otomobilde 4'ten daha az kişi varsa, diğer alanlar da gereksiz yere soğutulmaktadır. Bu hem zaman kaybı hem de fazladan enerji harcanması anlamına gelmektedir. Bu sebeple otomobil içerisinde klima fonksiyonuna sahip koltukların üretimi giderek artış göstermektedir. Bu sistemlerde konfor katmanı olarak havanın geçişinin de sağlanabilmesi için belirli alanda yuvarlak deliklere sahip sünger yapıları kullanılmaktadır. Bu yapıların alt kısmında ise havanın daha iyi dağılımının sağlanması için yüksek hava geçirgenliğine sahip düşük emisyonlu çözümlü örme yapıları entegre edilmektedir. Bu çalışmada, 3-boyutlu çözümlü örme kumaşların üretimi ile koltuk konstrüksiyonuna göre farklı yapılarda olan sünger kesimi gerçekleştirilmiştir. Bu yapılar için laminasyona uygun OEM (Original Equipment Manufacturer) onaylı polieter sünger kullanılmış ve düşük emisyon değerlerine sahip yapışkan ile bu süngere 3-boyutlu çözümlü örme kumaşlar lamine edilmiştir. Ayrıca koltuk konstrüksiyonuna yerleşim sırasında süngerlerin yüzey yapısı sebebi ile süngerlerin hareketleri kısıtlı olduğu için diğer düşük gramajlı spunlace dokusuz yapılar lamine edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Spacer kumaş, 3-boyutlu kumaş, çözümlü örme, otomotiv komponenti

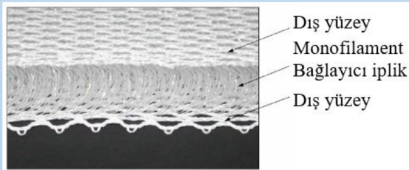
Giriş

Taşımacılık teknik tekstilleri; kara, deniz ve hava gibi taşıma araçları için üretilen ve kullanılan teknik tekstillerdir. Teknik tekstiller içerisinde yaklaşık %22'lik pay ile diğer teknik tekstil alanlarına göre daha yüksek bir paya sahiptir. Araçlar içerisinde güvenlik, izolasyon, filtreleme ve estetik uygulamaların dışında konfor özelliği de sağlamaktadır¹.

Bu çalışma ile yüksek hava geçirgenliğine sahip 3-boyutlu çözümlü örme yapılarının kullanılmasıyla klimalı koltuk sistemlerinde üretimde zaman kaybının önlenmesi ve ekonomik bir çözüm sunulması amaçlanmıştır. Ayrıca, otomotiv koltuklarında daha konforlu bir sistem oluşturulması, koltuk üretim sisteminde üretim veriminin artırılması ve kullanım esnasında enerji tasarrufu sağlanması planlanmıştır.

3-Boyutlu Kumaş Yapıları

3-boyutlu çözümlü örme kumaşlar iki ayrı kumaş katmanının iplikler vasıtasıyla birbirine bağlanması sonucunda elde edilmektedir. Kumaş katmanları, birbirinden farklı konstrüksiyona veya hammaddeye sahip olabilir. Her iki kumaş katmanı arasında bağlantı iplikleri bulunabilir veya bağlantı iplikleri beslenmeyerek boşluklar oluşturulabilir. Çözümlü örme kumaşların en bilinen karakteristik özelliği, yüksek hava geçirgenliği, üzerine uygulanan basıncı dağıtabilme ve farklı kalınlıklarda üretilebilmesidir. Son kullanım alanına bağlı olarak çözümlü örme kumaş yüzeyleri, iki yüzeyi açık, bir yüzeyi açık bir yüzeyi kapalı veya iki yüzeyi kapalı olarak üretilebilmektedir².



Şekil 1. 3-boyutlu çözümlü örme kumaş yapısı

Bu çalışma kapsamında otomotiv klimalı koltuk sistemlerinde kullanılmak üzere 3-boyutlu çözümlü örme kumaş ve sünger komponent tasarımı yapılmıştır.

Deneyisel

Çalışma kapsamında kumaşların ön ve arka yüzeyleri oluşturacak iplikler 600 Denye 36 filament ve 1080 Denye 72 filament %100 poliesterdir. Ara bağlantı monofilamentleri olarak 0,27 ve 0,24 mm kalınlığında %100 polyester kullanılarak farklı konstrüksiyonlara sahip 3-boyutlu çözümlü örme kumaşlar üretilmiştir. Komponentin geliştirilmesi çalışmaları kapsamında; sünger yapısına sahip koltuklarda süngerin yerleşimi ve kaymanın önlenmesi amacıyla üst katmanlarda spunlace dokusuz yüzeyler, yapılar lamine edilmektedir. Bu sebeple VDA 277 standardına göre <250 ppm ve FMVSS 302 yanma standardına göre <100mm/dk değerinden daha düşük, otomotivde kullanıma uygun spunlace dokusuz yüzey kullanılmıştır. Laminasyon işlemi flatbed laminasyon hattında gerçekleştirileceği için süngerde kullanıma uygun düşük gramajlı (10g/m²) co-PA web yapışkan kullanılmıştır. Ayrıca, sünger ile 3-boyutlu çözümlü örme kumaşların yapıştırılması için, DIN EN ISO 16000 uçucu organik komponent standardına göre limit değerlere uygun su bazlı bir yapışkan kullanılmıştır. Kumaşların hava geçirgenlik özellikleri DIN EN ISO 9237 standardına göre, sıkıştırılabilirlik testleri DIN EN ISO 3386-1 standardına göre, kalınlık tayinleri DIN EN ISO 5084 standardına göre ve yanma davranışları FMVSS 302 standardına göre yapılmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Fan sistemine sahip otomotiv koltuklarında sıkıştırılabilirlik ve hava geçirgenliği önemli özelliklerdendir. Proje kapsamında bazı parametrelerin bu özellikler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla çeşitli kombinasyon deneyimleri gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen tüm 3-boyutlu kumaş yapılarının test sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. 3-boyutlu çözümlü örme kumaşların test sonuçları

Kumaş Kodu	Gramaj (g/m ²)	Sıkıştırılabilirlik (kPa)	Hava Geçirgenliği (l/dm ² /dk)
1 (Tam dolu)	530	12	5592
2 (Tam dolu)	420	8,5	6085
3 (Tam dolu)	470	10	5402
4 (Monofilament eksiltilmiş)	450	10	5895
5 (Tam dolu)	530	13	5928
6 (Tam dolu)	500	9	6137

Çalışma kapsamında 1, 2, 3 ve 4 nolu numuneler aynı örgü raporunda olacak şekilde farklı ilmek sıklıkları ve monofilament kalınlıklarında üretilirken; 5 ve 6 nolu numuneler önceki dört numunedan daha yüksek ilmek sıklığında ancak daha ince monofilament iplikler ile üretilmiştir. 6 nolu kumaşın örgü raporu 5 nolu kumaşa göre yarım rapor kaydırılmıştır. Bu sayede kumaşın ön ve arka yüzeyleri arasında gözenek farkı yaratılmıştır. Böylece parametrelerin çeşitli kombinasyonları yapılarak ilmek sıklığının, monofilament kalınlığının ve monofilament eksiltme yönteminin kumaşların hava geçirgenlik ve sıkıştırılabilirlik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir.

Sonuçlara göre monofilamentler incelendikçe hava geçirgenlik değerinin arttığı ancak sıkıştırılabilirlik değerinin azaldığı görülmektedir. Monofilament bağlantı sayısı azaltılınca hava geçirgenliği değerinin arttığı ancak sıkıştırılabilirlik değerinin etkilenmediği görülmüştür. Tablo 1'deki sonuçlara göre; oldukça yüksek sıkıştırılabilirlik değeri ve yeterli hava geçirgenliğine sahip yapının 5 nolu kumaş yapısı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, 5 nolu kumaşın temel yapı olarak belirlenmesi ve komponent geliştirilmesi aşamasında bu yapı üzerinden ilerlenmesine karar verilmiştir. Elde edilen spunlace dokusuz yüzey lamineli kesilmiş sünger yapıları elle spreyle yöntemiyle su bazlı yapışkan kullanılarak spacer yapılarına yapıştırılmış ve böylelikle aktif havalandırma sistemine sahip koltuk komponenti elde edilmiştir. Elde edilen komponentin VDA 277 emisyon testi sonuçları incelendiğinde; 10 mm sünger kullanılan komponentte 20,17 µg/g ve 15 mm kalınlığında sünger kullanılan komponentte ise 23,10 µg/g emisyon değeri ile gereklilikleri sağladığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalar sonucunda yüksek hava geçirgenliğine ve klima sistemine sahip araç koltuklarında kullanılmak üzere 10mm kalınlığında 3-boyutlu bir çözümlü örme kumaş yapısı ve koltuk komponenti geliştirilmiştir. Bu sayede koltuk klima sistemindeki verim artırılarak daha ekonomik bir çözüm sağlanmıştır. Ayrıca söz konusu komponentlerin üretimi için gerekli olan laminasyon parametreleri belirlenmiştir. Biyobozunur lifler kullanılarak üretilcek 3-boyutlu kumaşlar ile daha hafif ve sürdürülebilir araç komponentleri geliştirilmesinin mümkün olabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Çokkeser, H. K. ve Çeven, E. K. 2011. "Otomotivde kullanılan teknik tekstiller", KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14 (3), s. 45-55.
- Terlikisz, S. 2012. "Sandviç kumaşların termal konfor özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

SPONSORS



Artekyo Teknoloji Limited Ŗirketi'nin temelleri, 2005 yılında NanoFiber Membranes Group (Nano FMG) alışma grubunun İstanbul Teknik Üniversitesi laboratuvarında, nano teknoloji üzerine yapmış olduğu Ar-Ge alışmaları esnasında atılmıştır.

Artekyo grubu süreç içerisinde Sanayi Bakanlığı ve Tübitak tarafından destek görmüş, birçok Ar-Ge projesinde başarılı sonuçlar elde etmiş ve bu projeleri hemen hemen tüm alanlarda yenilikçi ürünlere çevirmiştir

Nasiol, 2005 yılından bu yana Türkiye'de Ar-Ge öncüsü olan Artekyo Teknoloji şirket ortaklığına ait nano teknoloji markasıdır.

50'den fazla çalışanı ile kendi tesislerinde, kendi uzman Ar-Ge mühendisleri ile nano kaplama ürünleri üretmekte ve geliştirmektedir.

NASIOL endüstriyel satış süreçlerinde müşterisine her anlamda destek verir ve onlara bir çözüm ortağı olarak yaklaşır:

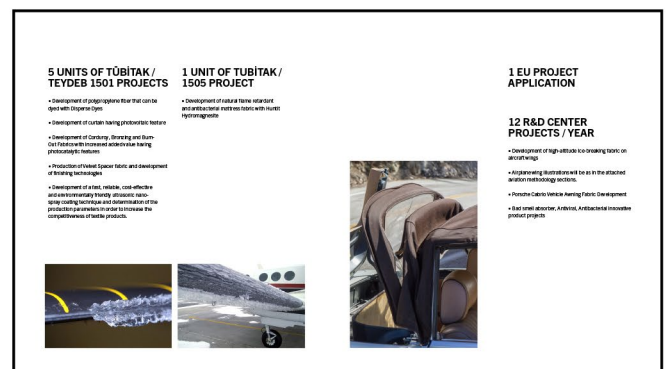
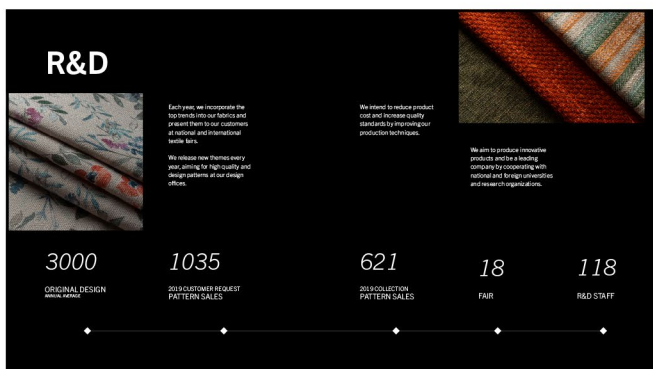
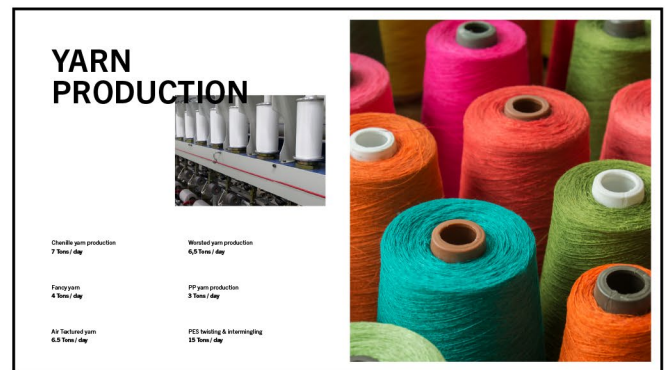
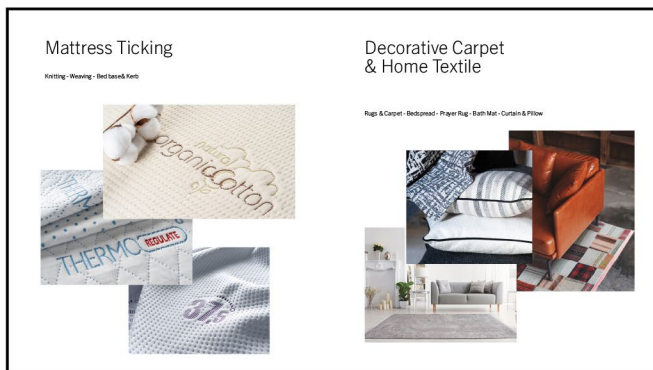
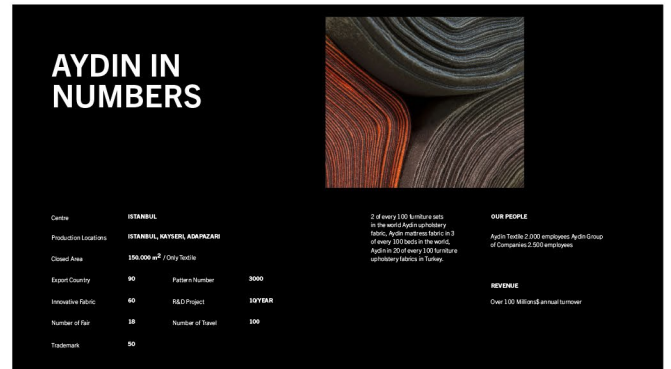
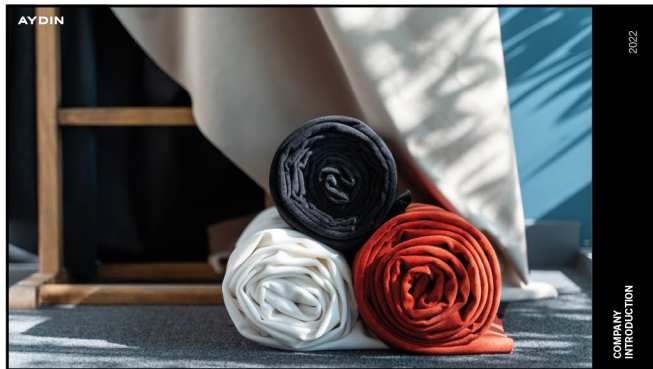
- Ürün eğitimi
- Pazarlama desteğı
- Teknik destek
- Problem özümü
- AR&GE - ÜR&GE desteğı ve ortak proje geliştirme
- Yeni ürün geliştirme
- Numune sağlama

NASIOL'ün nanoteknolojik fonksiyonel yüzey kaplamalarının işlevlerinden bazıları şunlardır:

- Şeffaf ve nefes alabilen nano koruma
- Su ve yağ iticilik
- Geç kontaminasyon ve kolay temizlenebilirlik
- UV ve kimyasallara karşı direnç
- Çizilme direnci
- Pas / Korozyon direnci
- Anti-grafiti
- Yüzeyin orijinal görünümünü ve dokunuşunu korumak
- Yüzeyin/ürünün ömrünün uzatma
- Temizlik için harcanan zaman, enerji, su ve paradan tasarruf
- Yenileme
- Renk transferini önleme
- Sürtünmeyi azaltma
- Yüzeyde biyolojik gelişimi önleme (virüs/bakteri küf/yosun vb.)

Cam, metal, tekstil, seramik, ahşap ve daha birçok yüzey için ürünler geliştirmenin yanı sıra, Nasiol endüstriyel ürünleri tekstilden turizme, cam-seramik sanayisinden, ulaşım sektörüne kadar çeşitli alanlarda faaliyet gösteren firmalara inovatif çözümler sunmaktadır.

Veritas Tekstil, Ege bölgesinde Ege pamuğu ile ünlü Denizli kentinde yaratıcı bir kadro tarafından kurulmuştur. Uzman çalışanları ile havlu, bornoz, nevresim, ev tekstili üzerine faaliyet gösteren bir firmadır. Pazar ihtiyaçlarına göre yapılandırılabilen üretim hattıyla geniş ürün yelpazesi sunabilmektedir. Çalışma felsefesi; Arzu edilen yüksek kaliteyi inovasyon içeren ürünleriyle zamanında ve kusursuz bir servis sunabilmektir. Bu felsefe Veritas Tekstil i yeniliklerin ve kalitenin adresi haline getirmiştir. İhracatta ilk 500 firma arasında yer almaktadır. 850 çalışanı ile ihracatının %90 nı Amerika ya gerçekleştirmektedir. Veritas Tekstil in Hamam markası Turquality kapsamındaki ilk tekstil markasıdır. Hamam markası ile 40 ülkede 300 satış noktası mevcuttur. Yıllardır yürüttüğü projeler ile Ar-Ge ruhunu özümseyen Veritas Tekstil, 2018 yılında, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı onayı ile Ar-Ge merkezi unvanını almıştır. Cirounun %2 sini Ar-Ge giderleri olarak ayrılmaktadır. Farklı bilim dallarında yetişmiş Ar-Ge kadrosu ile inovasyon içeren ürünler yaratmaktadır. Üniversite, Sanayi ve Ar-Ge bileşkesinde sektöre yenilikçi ve tasarım içeren ürünler sunmaktadır.



Kurucu Osman Nuri Uğurlu'nun 1965 yılında Babadağ'daki evinde el tezgahında üretime başlamasıyla temelleri atılan ve Denizli tekstil sektörünün önde gelen şirketlerinden biri olan Uğurlular Tekstil, 60.000 metrekarelik arsa üzerinde 40.000 metrekarelik kapalı alanda 500'e yakın çalışanı, 55 yılı aşkın tecrübesi ile GHOST MANAGEMENT SYSTEM, CLARA ve SOFTTWIST markalarının sahibi olarak bugün; Open-End işletmesinde günlük 40 ton ve 8.100 rotor kapasiteyle 6/1-40/1 Ne aralığında %100 pamuk, organik pamuk, BCI pamuk ile dokuma ve örme ipliklerin üretimini gerçekleştirmektedir. Ring işletmesinde ise günlük 20 ton ve 25.2000 iğ kapasitesiyle 6/1-24/1 Ne aralığında %100 pamuk ve organik pamuk, BCI pamuk ve karışımly elyaflardan; karde, penye dokuma ve triko ipliklerinin üretimi gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda sirospun, corespun, hardcore ve dualcore yöntemlerini de kullanabilmekte ve tüm ipliklere flam efekti uygulayabilmektedir.

Her daim tekstil alanında değişen ihtiyaçlara uygun, 360 derece kalite standartlarında ve maksimum kapasitede hizmet sunarak ulusal ve uluslararası düzeyde marka hedeflerini en üst seviyeye çıkarmak amacıyla çalışmalarına devam eden Uğurlular; 2022 ikinci yarısında faaliyete geçirmeyi planladıkları 58.000 iğ kapasiteli, tüm üretim süreçleri Endüstri 4.0 destekli yeni yatırımlarıyla günlük iplik üretim kapasitesini 110 tona çıkararak 6/1-100/1 Ne aralığında kompakt iplik, 6/1-60/1 Ne aralığında karışımly iplik üretimi yapabilecektir. Ayrıca tüm üretim süreçlerinde insana ve çevreye saygıyı temel ilke olarak benimseyen ve sürdürülebilir büyüme odaklı Uğurlular Tekstil, 2015 yılından beri Ring ve Open-End işletmelerinin çatısı üzerine konumlandığı güneş panelleriyle kendi temiz enerjisini üretebilmektedir. Yeni fabrikanın elektrik ihtiyacının %60'ı da çatıya yerleştirilen güneş panelleri ile sağlanabilecektir.

2020 yılında Türkiye'nin en büyük ikinci 500 Sanayi Kuruluşu arasında yer alan Uğurlular Tekstil'in ulaştığı bu başarının arkasında; kurum kültürü haline dönüştürülen sosyal sorumluluk anlayışı ve insana yatırıma önem veren yönetim politikası ile araştırmacı, yaratıcı ve inovatif yatırım odaklı yaklaşımı, çevreye duyarlı, bilgi ve teknoloji çağına uygun alt yapısı, koşulsuz müşteri memnuniyeti ve uzun süreli tedarikçi iş birliği anlayışı ile üretken ve stratejik bakış açısına sahip teknik/yönetim kadrosu yer almaktadır.

Bossa Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş /ADANA

Bossa, 1951 yılında Adana’da kurulmuştur ve günümüzde Türkiye’nin Denim ve Spor giyim alanında en büyük entegre tekstil kuruluşlarındandır.

Ana Üretim Noktalarında aylık kapasite;--1.620 Ton / Ay Ring İplik--108 Ton / Ay Open - End İplik--4.350.000 mt / Ay Ham Kumaş--4.000.000 mt / Ay Mamül Kumaştır.

Türk tekstilini aldığı Turquality sertifikasıyla yurtdışında da temsil etmektedir.

30 ülkede temsilciliği bulunmakta ve pazarının % 65-70’ini Avrupa Birliği Ülkeleri ve ABD oluşturmaktadır.

Bossa Brand Finance’in son araştırması sonucunda, Türkiye’nin en değerli 100 markası arasında yer almış ve “A” marka derecesiyle kumaş üretiminde faaliyet gösteren en değerli marka olmayı 2021 yılında da sürdürmüştür.

Bossa, 2006 yılında tamamen ekolojik **RESET** koleksiyonunu başlattı.

REEMAIN :(Kaynak ve Enerji Verimli Üretim), AVRUPA BİRLİĞİ tarafından desteklenen bir projedir. Dünyada bu projenin uygulamaya konulduğu sadece üç gösterim fabrikası mevcuttur, BOSSA TAS bunlardan biri ve Türkiye’de tektir.

R-PET: Bossa,hazır giyim pazarında birincil hammadde olarak plastik şişelerin geri dönüştürülmesi yoluyla elde edilen ve halkın çevre bilincini arttıran r-Pet lifleri ile %100 geri dönüştürülmüş bir kumaş geliştirdi. Dünyadaki tekstil şirketlerinden hiçbiri henüz bu başarıya ulaşamadı. BOSSA, denim pazarına yeni sürdürülebilir ürünler sunmaya gururla devam ediyor.

Kojenerasyon sistemi ve 46000 m2 çatı alanına yerleştirilen Güneş enerjisi sitemi (GES) bulunmaktadır. Bossa bu iki yatırım sonucunda toplam enerji ihtiyacının %50’sini kendisi üretmektedir.

Sosyal Sorumluluk İlkeleri: Ortalama 1500 çalışanı bulunan Bossa tekstil ürünlerinin insana ve doğaya karşı duyarlı üretilmesi politikasını benimseyen Bossa, GOTS (Global Organik Tekstil Standardı), OCS (Organik Content Standard), GRS (Global Recycled Standard) ,Cotton Made in Africa, Enerji yönetim sistemi, Çevre Yönetim sistemi sertifikalarına Oeko-Tex Standardı ,Sıfır Atık belgesine sahiptir.

Bossa Neden Tercih ediliyor?

Yüksek Kaliteli ve İnovatif Ürün Kompozisyonu,Dinamik Moda Tedarikçisi,Müşteri Odaklı ve Hızlı Hizmet,Koleksiyon Zenginliği ve Geniş Renk Skalası,Trend Belirlemede Büyük Rol Alması,Etkin Fiyat Politikası,Yaygın Pazarlama Ağı,Sosyal Sorumluluk Sahibi Olması,Sürdürülebilirliğe Verdiği Önem,Müşterilerimiz yukarıda belirtilen özellik, güç ve sorumluluk ile ürünleri nihai tüketiciye ulaştırma fırsatı bularak pazarda güçlü, rekabetçi ve takip edilen firma özelliğine sahip olmaktadır. Bu nedenle dünyanın önde gelen marka ve tasarımcıların en güçlü ve güvenilir iş ortağı konumundadır.

Bossa Ar-Ge Merkezi:

Sürdürülebilirlik adına çalışmalar hedefleyen Bossa Ar-Ge Merkezi; akademi-sanayi, sanayi-sanayi,2244 Sanayi-Doktora programı, Bilimsel araştırma projesi(BAP) ve uluslararası proje iş birlikleri yapmaktadır. Şuan 3 onaylanmış Teydeb 1501 projesi, 1 BAP projesi , 1 tane 2244 Sanayi-doktora projesi ve 1 tane de uluslararası proje devam eden projeler arasında bulunmaktadır. Daha önceki yıllarda olduğu gibi fikri haklar konusunda proje bazlı patent başvuruları, sözlü ve yazılı yayınlar gerçekleştirmiştir. Ar-Ge merkezi olduğu günden bu yana toplamda 27 patent başvurusu,5 tasarım ve ulusal ve uluslararası olmak üzere toplamda 15 yayını bulunmaktadır.

Doğa ve çevrenin kazanabilmesi için Ar-Ge Projelerinin %90 ında su,enerji,kimyasal ve zaman tasarrufuna yönelik projelere önem verilmiştir.

KARAFİBER TEKSTİL

- ❖ 1989 yılında %100 yerli sermaye ile *Gaziantep*'te kuruldu. 275.000 metrekare kapalı alanda üretim yapılmaktadır. 5 farklı sektörde, 16 işletme sayısı ile günlük 350 ton üretim kapasitesine sahiptir. 2000'den fazla nitelikli çalışan sayısı ile
 - Elyaf (Ecocell/Lyocell), İplik (Ring, Rotor, Vorteks), Örgü ve Boyahaneden oluşan tam entegre tekstil tesisi,
 - Nonwoven (Airlaid ve Spunlace),
 - POF ve Streç Film,
 - Enerji sektörlerinde hizmet veren lider firmalar arasındadır.
- ❖ İhracat yaptığımız ülkeler başta İngiltere, İtalya, Amerika olmak üzere Avrupa'dan Afrika'ya, Amerika'dan Uzak Doğu'ya dünyanın birçok noktasına ürünlerimizi sunmaktadır.
- ❖ **ECOCCELL** marka adıyla, *Türkiye*'nin ilk ve tek *Lyocell elyaf* üreticisidir. İlk aşama üretim hedefi 25.000 ton/yıl, 2022 yılı hedefi 50.000 ton/yıl.



- ❖ Karafiber Tekstil *Ar-Ge Merkezi* 23.02.2018 tarihinde Sanayi ve Teknoloji bakanlığının izni ile kurulan, 26 araştırmacısıyla, 25'ten fazla projesiyle (TÜBİTAK ve HORIZON dahil) faaliyetlerini yürütmektedir.

KFS Sentetik Sanayi ve Ticaret A.Ş.

KFS Sentetik, Küçükçalık Grubu tarafından Pazar ihtiyaçlarını en aza indirmek ve yeni bir Pazar oluşturabilmek amacıyla 2016 yılında Sakarya/Hendek 2. Organize Sanayi Bölgesinde faaliyete alınmıştır. Firmamız 37,437 m²'lik kapalı alanında, iç ve dış pazar taleplerine göre son teknoloji makineleriyle uluslararası standartlara uygun polyester iplik üretimi yapmaktadır. Ayda 2000 tonu aşan üretiminde; POY, FDY, tekstüre, motheryarn ve bikomponent üretimleri yapılmaktadır.

Spinning işletmesi bünyesinde polimerin (PET, Lowmelt PET, Lowmelt PBT, PBT, PTT, PA6 vb. cips) filament ipliğine dönüştürüldüğü beş ana kat bulundurmaktadır. İşletmede toplam 60 ton/gün kapasiteli olmak üzere farklı özelliklere sahip 23 adet makine bulunmaktadır. Yapılacak olan yeni yatırımlar ile 2023 yılının sonunda 120 ton/gün kapasiteye ulaşılacaktır.

Tekstüre işletmesi, spinning işletmesinden çıkan ipliğin doğal liflerdeki gibi hacimlendirildiği ve kıvrıcıklandırıldığı bir ünitedir. İşletmede toplam 25 ton/gün kapasiteli 7 adet tekstüre makinesi bulunmaktadır. Yapılacak olan yeni yatırımlar ile 2023 yılının sonunda 10 makine ve 35 ton/gün kapasiteye ulaşılacaktır.

Spinning işletmesinde üretilen ürünler;

- FDY ve POY iplikler
- Motheryarn iplikler
- Bikomponent iplikler
 1. Side by Side: Kendiliğinden kıvrımlanır. İki polimer arasındaki büzülme farklılığından yararlanır.
 2. Sheath&Core: Düşük erime noktasına sahip ipliktir. Genellikle zebra storların yapımında kullanılır.
 3. Segmented Pie: Mikrofilament, ultra yumuşaklık ve yüksek emicilik özelliklerine sahip ipliktir.

Tekstüre işletmesinde üretilen ürünler;

- 20 denyeden 600 denyeye kadar üretim
- Tam mat-yarı mat-süper parlak tekstüre iplik
- Mikrofilamanlı tekstüre iplik
- Alev geciktirici (FR) tekstüre iplik
- Eriyikten boyalı (dopedyed) tekstüre iplik
- Puntalı-Puntasız tekstüre iplik
- ASG, Nontorque, Low torque tekstüre iplik
- Streç tekstüre iplik
- Elastanlı tekstüre iplik
- Bikomponent tekstüre iplik
- Özel kesitli tekstüre iplik

Firmamızın üretim standartlarını oluşturan sahip olduğumuz belgeler, Global Recycled Standard (GRS), OEKO-TEX ve ISO 50001 şeklindedir.

MOGUL HAKKINDA

Mogul, 1997 yılında nonwoven ve kompozit ürünler üretmek ve pazarlamak için kurulan, bir şirkettir. Aşağıdaki çok çeşitli dokusuz-örgüsüz kumaşlar ve kompozitleri müşterilerine sunar:

- o Madaline (İki bileşenli bikomponent mikrofilament)
- o Spunlace (Paralel ve Çapraz Serim)
- o Polipropilen Spunbond
- o Polyester Spunbond (Mono-PET)
 - Round (Yuvarlak) ya da Trilobal şekilli filamentlerle düz (flat) kumaş
 - Round (Yuvarlak) ya da Trilobal şekilli filamentlerle point (nokta) bağlamalı kumaş
- o Bikomponent (PET/CoPet)
 - Round (Yuvarlak) ya da Trilobal şekilli filamentlerle düz (flat) bağlamalı
- o Meltblown - SM, SMS, MMM
- o Dokusuz-örgüsüz kumaşlardan ve diğer kompozitlerden yapılmış kumaşlar
- o Ekstrüzyon kaplama kumaşlar

Hava ve sıvı filtrasyonu, ıslak (mendil) ve kuru temizlik bezi, otomotiv, inşaat ve çatı, endüstriyel temizlik (yağ emiciler), kaplama taşıyıcı astar, mobilya-yatak, paketleme, peyzaj, tarım, hijyen & medikal, giysi, iş elbisesi kumaş verilen başlıca pazarlardır.

İki adet paralel spunlace hattı (3.2 metre eninde)

Bir adet çapraz spunlace hattı (3.2 metre eninde)

Dört adet PP spunbond hattı (1.6, 2.2, 2.5, 3.2 metre eninde)

İki adet Monopet PET Spunbond hattı (3.2 metre eninde)

Bir adet Bicomponent PET Spunbond hattı (3.65 metre eninde)

Bir adet Mikrofilament hibrid hattı (3.0 metre eninde)

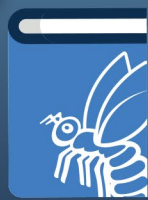
Altı adet Meltblown hattı (1.6 metre eninde)

Diğer yandan Mogul; ekstrüzyon kaplama hattı, geniş zirai örtüler için geniş en birleştirme (welding) hattı, çevresel ve endüstriyel emici ürünler üretmek için konfeksiyon tesisine sahiptir.

Mogul, Türkiye’de Spunbond, Meltblown ve SMS üretimine başlayan ilk firma olmuştur. Kapasitesinin büyük bir kısmını global bazda 4 kıtada 56 ülkeye ihraç etmektedir. Şirket hem ihracat satışları hem de toplam ciro açısından Türkiye’nin ilk 500 şirketi arasında yer almaktadır.

Şirket, INDA tarafından 2001 ve 2016 yıllarında iki kez “Girişimcilik” kategorisinde ödüle layık görülmüştür. Nonwoven Industry Magazine tarafından düzenlenen araştırmaya göre dünyanın İLK 40 nonwoven üreticisi arasında yer almaktadır. Mogul, 1998 yılında EDANA’nın (Avrupa Nonwoven ve Tek Kullanımlık Malzemeler Deneği) Türkiye’den ilk üyesi olmuştur ve şu anda Edana dışında INDA (Kuzey Amerika Nonwoven ve Tek Kullanımlık Malzemeler Deneği) ve ANFA (Asya Nonwoven Kumaş Derneği) üyesidir.

ISBN: 978-975-561-540-0
www.ulpas.org



İTÜ
YAYINEVİ

© 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi