VIII. INTERNATIONAL ICONTECH CONFERENCE ON INNOVATIVE SURVEYS IN POSITIVE SCIENCES

March 16-18, 2024
Azerbaijan Cooperation University, Baku

PROCEEDINGS BOOK

Editor:
Prof. Dr. Beyalı ATAŞOV

ISBN: 978-625-8254-39-6



ICONTECH JOURNAL
ISSN 2717-7270

8th International
ICONTECH CONGRESS
on Innovative Surveys in Positive Sciences

March 16-18, 2024

Azerbaijan Cooperation University, Baku

PROCEEDINGS BOOK

Edited by

Prof. Dr. Beyalı ATAŞOV

All rights of this book belong to Iksad Global- 2024.
Without permission can't be duplicate or copied. Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Iksad Global- 2024 ©

Issued: 21.03.2024
ISBN: 978-625-8254-39-6

ICONTECH JOURNAL
ISSN 2717-7270

CONGRESS ID

8th International

ICONTECH CONGRESS

on Innovative Surveys in Positive Sciences

DATE-PLACE

March 16-18, 2024

Azerbaijan Cooperation University, Baku

EDITORS

Prof. Dr. Beyalı ATAŞOV

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process

TOTAL NUMBER OF PAPERS: 207

THE NUMBER OF PAPERS FROM TÜRKİYE: 99

OTHER COUNTRIES: 108

PARTICIPANT COUNTRIES (24):

Azerbaijan, Türkiye, Nigeria, Canada, India, North Macedonia, Serbia, Algeria, Kazakhstan, Pakistan, Romania, Albania, Ethiopia, Georgia, Belgium, Morocco, Indonesia, Vietnam, Iraq, China, Russia, Israel, Malaysia, Hungary

ICONTECH JOURNAL
ISSN 2717-7270

HEAD OF CONFERENCE

Quliyev Eldar Allahyar oğlu
rektor of Azerbaijan Cooperation University

CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Ataşov Beyalı Xanalı oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Quliyeva Aygün Eldar qızı - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Abbasov Anar Fazil oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. İbrahimov Elşen Ali oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Mammadova Elnura Bünyat qızı- Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Valiyeva Sabina İzzet qızı - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Azizov Anar Ali oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Hüseynov Möhübbat Musa oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Qafarov Nizami Celal oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Azizov Anar Ali oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Dr. Mammadova Samira Yaşar qızı - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Dr. Quliyev Fikret Veli oğlu - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Dr. Sinan KOPUZLU - Ataturk University
Dr. Elvan CAFEROV –ADPU

COORDINATOR

Alina AMANZHOLOVA

CONGRESS SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Abbasov Anar - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Azizov Anar - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Hiiseynov Mohiibhat - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. jbrahimov Elşan - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Mammadova Elnura - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Qafarov Nizami - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Quliyeva Aygiin - Azerbaijan Cooperation University
Prof. Dr. Valiyeva Sabina - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Mammadova Samira - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Quliyev Fikrat - Azerbaijan Cooperation University
Assoc. Prof. Dr. Bekir GÜRBULAK- Ataturk University
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin BOZ- Ataturk University
Dr. Mümin Gökhan ŞENOCAK- Ataturk University
Dr. M.Meena - Department of Science and Humanities (Chemistry), R.M.K.Engineering College Kavaraipettai, India

Dr. Anuradha THAKARE - Pimpri Chinchwad College of Engineering Pune, India
Dr. A. El Moussaouy - Regional Center for Education and Training, UMP, Oujda, Morocco
Dr. A. Kerkour El Miad - Superior School of Technology, UMP, Oujda, Morocco
Dr. M. El Ghorba - National School of Electricity and Mechanics, UH2, Cassablanca, Morocco
Dr. Mourad GHARBI - Faculty of Sciences, M5U, Rabat, Morocco
Dr. Kenes JUSUPOV - M. Tinisbaev Kazakh Communication Academy
Dr. Lille TANDIVALA- Shota Rustavelli State University
Dr. Guguli DUMBADZE- Batumi Shota Rustaveli State University
Dr. Maha Hamdan ALANAZI - Riyad King Abdulaziz Technology University
Dr. N.N. KERMANOVA - Al – Farabi Kazakh National University
Dr. Sudabe SALİIHOVA - Azerbaijan State University
Dr. Rovshan ALIYEV - Bakü State University
Dr. A.Vijayalakshmi - Asst. Professor, Science & Humanities (Chemistry), R.M.K. Engineering College
Dr. F. Tayeboun - Djillali Liabes University, Sidi-Bel-Abbes, Algeria
Dr. K. A. Meradi - Institute of Technology, University of Ain Temouchent, Algeria
Dr. Muhammad Imran - Department of Food Science, Faculty of Life Sciences Government College University, Faisalabad, Punjab, Pakistan
Dr. J. Barkani - Multidisciplinary Faculty, TAZA, Morocco
Dr. I. Zorkani - Faculty of Sciences Dhar El Mahraz, SMBA University, Fez, Morocco
Dr. M. I. Sedra - Sciences and technologies Faculty, Errachidia, Morocco
Dr. F. Dimane - National School of Applied Sciences, UAE, Al Hoceïma, Morocco
Dr. B. Tidhaf - National School of Applied Sciences, UMP, Oujda, Morocco
Dr. Nilgun Ulutasdemir - Gumushane University, Turkey
Dr. M. Serhini - Faculty of Sciences, UMP, Oujda, Maroc
Dr. K. Ghoumid - National School of Applied Sciences, UMP, Oujda, Maroc
Dr. H. Bekkay - National School of Applied Sciences, UMP, Oujda, Maroc
Dr. Ghanshyam Barman - Uka Tarsadia University, India
Dr. Muhammad Faisal - Director Ministry of Human Rights, Pakistan
Dr. Erkan EFİLTİ - Kyrgyzstan-Türkiye Manas University, Kyrgyzstan

İlgili makama;

8. Uluslararası ICONTECH Pozitif Bilimlerde Yenilikçi Araştırmalar Kongresi 16-18 Mart 2024 tarihleri arasında Azerbaycan Kooperasiya Üniversitesi'nde 24 farklı ülkenin akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre kapsamında sunumu yapılan 207 bildirinin 99 adeti Türkiye'den katılımcılar tarafından; 108 bildiri ise 24 ülkeden katılımcılar tarafından sunulmuştur. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "*Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır.*" değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,

Saygılarımla,



Prof. Dr. Bəyalı ATAŞOV
Vice Rector of Azerbaijan Cooperation University
Head of the Organizing Committee

For detailed information about the congress, visit
https://tr.icontechsurveys.org/

TC
İKSAD İNstitutuna

Mövzu: Beynəlxalq konfrans
Sıra №: 01-04/268 Tarix: 30.11.2023

Hörmətli Dr. Mustafa Latif EMEK!

Sizin 27 noyabr 2023-cü il tarixli AZE-72 saylı məktubunuza cavab olaraq bildiririk ki, ***"9. Asya Pasifik Uluslararasi Modern Bilimler Kongresi"***ni **https://www.iksadasia.org/** 16-18 yanvar 2024-cü il tarixlərində, ***"8.Uluslararası ICONTECH Pozitif Bilimlerde Yenilikçi Araştırmalar Kongresi"*** ni isə **https://tr.icontechsurveys.org/** 16-18 mart 2024-cü il tarixlərində Azərbaycan Kooperasiya Universiteti, Dehli Universiteti, Türkiyənin İqtisadi İnkişaf və Sosial Tədqiqatlar İnstitutu ilə birgə oflayn və ya onlayn keçirmək üçün ev sahibliyi etməkdən məmnun olardıq.

Qeyd: Konfransın təşkilat komitəsinin tərkibinə Universitetimizin aşağıda adlarını qeyd etdiyimiz professor və müəllim heyətinin də daxil edilməsi məqsədəuyğun hesab edilmişdir:

Quliyev Eldar Allahyar oğlu – rektor, iqtisad elmləri doktoru, professor.
Ataşov Bəyalı Xanalı oğlu – Elm və innovasiyalar üzrə prorektor, Əməkdar elm xadimi, i.e.d., professor.
Məmmədova Samirə Yaşar qızı – Elm və doktorantura şöbəsinin müdiri, iqtisad üzrə fəlsəfə doktoru, dosent.
Quliyeva Aygün Eldar qızı – prorektor, iqtisad elmləri doktoru, professor.
Quliyev Fikrət Vəli oğlu – prorektor, iqtisad üzrə fəlsəfə doktoru, dosent.
Abbasov Anar Fazil oğlu – iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
İbrahimov Elşən Əli oğlu – dekan, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
Məmmədova Elnurə Bünyat qızı – dekan, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
Vəliyeva Səbinə İzzət qızı – dekan, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
Əzizov Anar Əli oğlu – kafedra müdiri, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
Hüseynov Möhübbət Musa oğlu – kafedra müdiri, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.
Qafarov Nizami Cəlal oğlu – Qiyabi şöbənin müdiri, iqtisad elmləri doktoru, kafedranın professoru.

Hörmətlə,
Azərbaycan Kooperasiya Universitetinin rektoru ***prof. Eldar Quliyev***

Session-3, Hall-2
16.03.2024
Moderator: Nergiz KANMAZ
Meeting ID: 875 0838 3006 / Passcode: 161718
Baku Local Time: 16:00 – 18:00
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00

Title	Author(s)	Affiliation
A NEW APPROACH OF DRUG DELIVERY SYSTEM FOR CIPROFLOXACINE	Pelin DEMİRÇİVİ Şeyda KARADİREK Nergiz KANMAZ	Yalova University, Yalova, Turkiye
IMPREGNATION AGENT EFFECT ON ADSORPTION CAPACITY OF ACTIVATED CARBON FROM BLACK CUMIN PULP	Şeyda KARADİREK Nergiz KANMAZ Pelin DEMİRCİVİ	Yalova University, Yalova, Turkiye
MOLECULAR MECHANISMS IN NONALCHOLIC STEATOHEPATITIS INFLAMMATION	Hande GÜLBENK Mehmet ERDEM Tuğba Raika KIRAN	Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya, Türkiye
ACTIVITY STUDIES OF CARBON SUPPORTED IRON SULFIDE ELECTROCATALYSTS FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION	Veysel ÖZCAN H. Mehmet TASDEMIR D.Dolunay ESLEK KOYUNCU Alpay SAHIN	Gazi University, Ankara, Türkiye
POLYPHOSPHATE-BASED COMPOSITE HYDROGELS USED AS WOUND DRESSING MATERIALS	Goncha ABBASOVA Vural BUTUN	Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey.
INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL AND BIOCOMPATIBILITY BEHAVIOR OF PLA and Re-PLA POLYMERS	Münife DEMİREL Fatma Zehra KÖSE Şakir ALTINSOY Nuray BEKÖZ ÜLLEN	İstanbul Yeni Yüzyıl University, İstanbul, Türkiye. Sakarya University, Sakarya, Türkiye. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
CHARACTERIZATION OF BENDING BEHAVIOR OF PLA and Re-PLA POLYMERS PRODUCED USING 3D PRINTING FROM DIFFERENT PRODUCTION PLANES	Münife DEMİREL Fatma Zehra KÖSE Şakir ALTINSOY Nuray BEKÖZ ÜLLEN	İstanbul Yeni Yüzyıl University, İstanbul, Türkiye. Sakarya University, Sakarya, Türkiye. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

All participants must join the conference 10 minutes before the session time.
Every presentation should last not longer than 10-12 minutes.
Kindly keep your cameras on till the end of the session.

PREVALENCE AND ANTIBIOGRAM OF SHIGELLA SP. IN DODO-IKIRE (AN OVER-RIPED PLANTAIN BASED-SNACK) IN ILE-IFE, OSUN STATE, NIGERIA	909
Həsənova Leyla Nizami qızı	
TERRITORY, INTERNAL AND FOREIGN POLICY DURING THE AZERBAIJAN DEMOCRATIC REPUBLIC	910
İhsan ÇAPCIOĞLU, Aygün ALİYEVA	
ONE NATION, TWO STATES: THE ROLE OF COMMON VALUES IN TÜRKIYE-AZERBAIJAN RELATIONS	916
İhsan ÇAPCIOĞLU, Aygün ALİYEVA	
THE ROLE OF HISTORICAL ACTORS IN TRANSFERRING CULTURAL VALUES: THE EXAMPLE OF NIZAMI GANJAVI AND YUNUS EMRE	922
Fatima Dianah, Amos Ronald Kalukusu	
EXPLORING THE ROLE OF NURSE-LED HEALTH PROMOTION PROGRAMS IN PREVENTING CHRONIC DISEASES IN UNDERSERVED COMMUNITIES OF KOMAMBOGA, KAWEMPE DIVISION, KAMPALA UGANDA	928
Kugonza Grace, Amos Ronald Kalukusu	
ANALYSIS OF FACTORS CONTRIBUTING TO THE PERSISTENCE OF HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS AT MULAGO NATIONAL REFERRAL HOSPITAL, UGANDA	929
Khalid Elatife, Abdellatif El Marjani, Zakaria Lafdaili	
APPLICATION OF THE DOE METHOD TO OPTIMIZE A RADIAL IMPULSE TURBINE FOR WAVE ENERGY CONVERSION	930
Sándor Földvári	
ICONOGRAPHY OF THE STATE POWER IN THE MOSAICS IN THE SOUTH VESTIBULE OF HAGIA SOPHIA AND IN THE HUNGARIAN KINGDOM	931
Natesh Gunturu, Dr. Balamurali Dhara V, Dr. Adepu Ramesh	
REGULATORY PATHWAY OF CLASS I MEDICAL DEVICE ELASTIC BANDAGE OF USA	932
Tshewang Rinzin, Raf Raf Shakil Ansari	
THREADS OF TRADITION: UNRAVELING CULTURAL INFLUENCES ON AFGHAN WOMEN IN NADIA HASHIMI'S 'A HOUSE WITHOUT WINDOWS'	933
Elvis Ponari, Edison GJONI	934
THE EVOLUTATION OF SPORTS INSURANCE MARKET IN ALBANIA	
Elsever ASADOV, Sevgi KOLAYLI	
COMPARATIVE STUDY OF HONEY, BEE POLLEN, PROPOLIS AND FLOWERS OF CHESTNUT PRODUCTS	941
Münife Demirel, Fatma Zehra Köse, Şakir Altınsoy, Nuray Beköz Üllen	
CHARACTERIZATION OF BENDING BEHAVIOR OF PLA and Re-PLA POLYMERS PRODUCED USING 3D PRINTING FROM DIFFERENT PRODUCTION PLANES	947
Münife Demirel, Fatma Zehra Köse, Şakir Altınsoy, Nuray Beköz Üllen	
INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL AND BIOCOMPATIBILITY BEHAVIOR OF PLA and Re-PLA POLYMERS	956

PLA VE RE-PLA POLİMERLERİN ANTİBAKTERİYEL VE BİYOUYUMLULUK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL AND BIOCOMPATIBILITY BEHAVIOR OF PLA AND RE-PLA POLYMERS

Münife Demirel[1], Fatma Zehra Köse[1,2], Şakir Altınsoy[1], Nuray Beköz Üllen[3]

[1]İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

[2]Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye.

[3]İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

ÖZET

Çevre sorunlarının artmasıyla petro-polimerlere kıyasla çevreci ve sürdürülebilir alternatif olan biyobozunur polimerler ön plana çıkmıştır. Biyobozunur polimerlerden polilaktik asit (PLA), yenilenebilir kaynakların kullanımı ile elde edilmesi, performans özelliklerinin diğerlerine kıyasla üstün olması, ekonomik üretim imkânlarının olması, ticari olarak tercih edilebilir olması gibi nedenlerle oldukça popülerdir. PLA, biyouyumluluğu ve toksik olmaması sayesinde biyomedikal ve ilaç taşınım uygulamalarında da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, deney numuneleri PLA ve hatalı üretim sonrası oluşan atık flamentlerden geri dönüştürülmüş Re-PLA numuneleri 3B yazıcı ile üretilmiştir. Üretilen parçaların biyoaktivite (antibakteriyel ve biyouyumluluk) ve salınım özellikleri incelenmiştir. PLA ve Re-PLA numunelerinin *S. aureus* ve *E. coli* çözeltilerinde herhangi bir bakteriyel aktivite gözlemlenmemiştir. Re-PLA numunelerin kullanımında hücrelerin canlılığının tüm doluluk oranlarında azaldığı dört günlük kültürden sonra genel olarak tüm flamentler için hücre canlılığı ilk güne göre düştüğü tespit edilmiştir. %20, %40 ve %60 doluluk oranlarına sahip PLA ve Re-PLA numunelerinde salınım gözlenmemiştir. Bu çalışma ile hedeflenen son yıllarda petrol kökenli biyobozunur polimerler yerine PLA gibi tamamen yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyopolimerleri ön plana çıkartmaktır.

Anahtar kelimeler: PLA, Re-PLA, biyopolimer, bakteriyel aktivite, biyouyumluluk.

ABSTRACT

With the increase in environmental problems, biodegradable polymers, which are an environmentally friendly and sustainable alternative compared to petro-polymers, have come to the fore. Polylactic acid (PLA), one of the biodegradable polymers, is very popular for reasons such as being obtained by using renewable resources, having superior performance properties compared to others, having economical production opportunities, and being commercially preferable. PLA is also used in biomedical and drug delivery applications due to its biocompatibility and non-toxicity. In this study, test samples PLA and Re-PLA samples recycled from waste filaments formed after faulty production were produced with a 3D printer. Bioactivity (antibacterial and biocompatibility) and release properties of the produced parts have been examined. No bacterial activity was observed in the *S. aureus* and *E.coli* solutions of PLA and Re-PLA samples. When using Re-PLA samples, it was determined that the viability of the cells decreased at all filling rates and after four days of culture, the cell viability for all filaments generally decreased compared to the first day. No release was observed in PLA and Re-PLA samples with 20%, 40% and 60% filling rates. The aim of this study is to highlight biopolymers obtained from completely renewable resources, such as PLA, instead of petroleum-based biodegradable polymers in recent years.

Keywords: PLA, Re-PLA, biopolymer, bacterial activity, biocompatibility.

1. Giriş

Doğada var olan biyomalzemeler çok eski zamanlardan beri insanlar tarafından özellikle insan doku veya organlarını güçlendirmek amacıyla takviye edici yönde kullanılagelmiştir. Sağlık alanındaki uygulamalarda kullanılan en önemli materyaller olarak polimerik biyomalzemeler söylenebilir. Bu polimerik biyomateryaller, fizyolojik sıvılarla ve canlı doku temas ettiğinde birçok etkileşim oluşmaktadır. Polimerik biyomateryaller, bulundukları ortamda meydana getirdiği doku etkileşimleri, biyoaktivite ve antimikrobiyal özellikler nedeniyle tıp ve diş hekimliği alanında geniş uygulama alanına sahiplerdir (Elmas, 2021; Karana et al., 2015; Theato, 2008; Folarin et al., 2011). Bu tür malzemelerin ilaç salımı, doku mühendisliği gibi çok özel biyomedikal alanlarda kullanımına olanak sağlayan bir diğer özellikleri ise biyouyumlu olmalarıdır. Biyouyumlu olan malzemeler biyomalzeme olarak adlandırılmış ve biyo uyumluluk, uygulama sırasında malzemenin vücut sistemine uygun cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Biyomalzemeler; polimer, metal ve seramik başlıkları altında ele alınabilmekle birlikte iki veya daha fazla sayıda farklı malzemenin birlikte kullanılması ile de kompozit biyomalzemeler oluşturulabilmektedir (Kınıkoğlu, 2013). Polimerler, hayvan ve bitkilerden doğrudan polimer olarak elde edilebildikleri gibi çıkış maddeleri olan monomerlerin doğal bileşiklerden elde edildikten sonra biyolojik veya kimyasal olarak sentezlenebilir. Bu türden doğal polimerlere polihidroalkanoat ve biyoelastomerlerin yanı sıra bir poliester türevi olan polilaktik asit örnek olarak verilebilir. PLA kullanımı ile prototiplerin hızlı sentezi, tasarım süreçleri, kolay test, kısalan teslimat süreleri, minimuma inen süreç hataları sağlanmaktadır. Tasarlanan parçalar karmaşık bir yapılı olsa dahi PLA kullanımının üretim kolaylığı sayesinde rahatlık katmaktadır. Ayrıca diğer üretim yöntemlerine göre daha pratik ve maliyet olarak daha düşüktür (Özbay, 2019; Üner and Koçak, 2012).

Eklemeli imalat (3B yazıcılarla üretim) teknolojisinin en büyük avantajı geleneksel imalat yöntemleri ile üretilemeyen karmaşık yapıdaki geometrilerin kalıba ya da başka herhangi bir araca ihtiyaç duymadan üretebilmesidir. Eklemeli imalat teknolojileri hammaddenin katman katman yığılması mantığına dayanmaktadır (Evlen et al., 2019). Filament malzemesi olarak en yaygın kullanılan PLA, düşük sıcaklıklarda ergiyebildiği için kolay çalışılabilir bir malzemedir. Dolayısıyla daha çok tercih edilmektedir. 3B yazıcıda bir ürünün üretiminde hata oluştuğunda parça, tekrar kullanılamaması sebebiyle ıskarta konumunda değerlendirilmektedir. Bu sebeple atık oluşturmakta ve her hatalı üretim sonrası oluşan parçalar, pahalı olan filament malzemesi için israf ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Üretim sırasındaki en iyi atık yönetimi tekrar hammadde zincirine sokulması ve değerlendirilmesidir (Evlen et al., 2019). Bu bağlamda katı atıkların çevreye olan fizyolojik ve biyolojik zararı üzerine düşünülerek hareket edilmelidir. Son yıllarda fosil yakıt tüketiminin azalmasına ve düşük sera gazı üretimine imkân sağlaması açısından petrol kökenli biyobozunur polimerlerin yerine yenilenebilir kaynaklardan elde edilenlere talep artmıştır. PLA yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyobozunur polimerlerin ticari örneklerinin en iyilerindendir. Atık filamentlerin geri dönüşümü çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmekte ve yeniden hammadde olarak kullanılabilmektedir. Böylece hem çevre korunmakta hem de maliyetler özellikle sağlık alanında minimuma indirilebilmektedir. Bu çalışmada biyopolimer olarak bilinen PLA ve hatalı üretim sonrası atık flamentlerden geri dönüştürülmüş Re-PLA numuneler 3B yazıcı ile üretilmiş biyoaktivite (antibakteriyel ve biyouyumluluk) ve salınım özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçların konuyla ilgili çalışanlara kaynak oluşturması hedeflenmektedir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan PLA malzemesi ELAS-3B markasının PLA-PLUS filamentidir. Re-PLA numuneleri de aynı üretim malzemesinin geri dönüşümü ile elde edilmiştir. PLA 3B baskı atıklarına endüstriyel şartlar altında 85°C sıcaklık (%1 NaOH ve %3 aktif yüzey çözücü) maddeler kullanılarak temizleme işlemi yapılmıştır. Yıkma işlemi sonrası malzemeler vakum ile kurutulmuştur. Geri dönüştürülmüş filament üretimi 60 rpm dönüş hızında L/D oranı 20 olan Rondol Microlab çift vidalı ekstrüderde gerçekleştirilmiştir. Numunelerin çizimi AutoCAD ile çizilmiş olup Stl uzantılı dosyalar halinde kaydedilmiştir. Dosyalar Ultimaker Cura programında açılarak numunelerin üç boyutlu yazıcıda üretiminin sağlanabilmesi için gerekli destekler yapılmıştır. Deney numunelerinin üretiminde CREALITY marka ve CR6SE model üç boyutlu yazıcı kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan numuneler, Ø 25 mm, 3 mm kalınlık ve (%20, %40 ve %60) doluluk oranları ile üretilmiştir.

2.2. Karakterizasyon Çalışmaları

2.2.1. Antibakteriyel Testi

Antibakteriyel aktivite deneyleri, *S.aures* ve *E.coli* bakterileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. *S. aureus* ve *E.coli* bakterileri ile yapılan çalışmalarda kullanılacak olan Mueller-Hinton broth (MHB) 21 gr ve Mueller-Hinton agar (MHA) 38 gr tartılarak üzerlerine 1000 mL damıtılmış su ilave edilerek manyetik karıştırıcı yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Otoklav işlemi gerçekleştirildikten sonra petri kaplarına dökülerek 1 saat katılaşması için bekletilmiştir. Daha sonra +4 derece de saklanmıştır. MHA, steril tek kullanımlık petrilere dökülerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bakteri stok kültürlerinden bakteri kültürü hazırlanması amacıyla öncelikle *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerinin, birkaç iyi izole edilmiş kolonisinin MHB içerisinde 37°C'de ve 180 rpm'de çalkalamalı inkübatörde bir gece süreyle inkübe edilmesi ile bakteri süspansiyonları elde edilmiştir. Süspansiyonlar UVmini-1240 markalı UV spektrofotometrede ölçülerek, 600 nm'de OD 0,1-0,2 absorbans aralığında olana kadar MHB ile seyreltilerek 10^8 CFU/mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan bakteri süspansiyonundan 100 µL MHA petri kaplarına eklenmiş ve alevden geçirilerek steril edilen cam drigalski ile bakteriler petri yüzeyine homojen olarak yayılmıştır. Daha sonrasında petri içlerine numune örnekleri bırakılarak inkübatörde 24 saat 37°C'de inkübe edilerek sonuçlar gözlemlenmiştir.

2.2.2. Biyouyumluluk Testi

Biyouyumluluk testleri MTT (3-4,5-dimetil-tiyazolil-2,5- difeniltetrazolyum bromür) sitotoksite testi ile L929 fare fibroblast hücreleri kullanılarak yapılmıştır. %20, %40 ve %60'arlık hem PLA ve hem de RePLA numuneleri otoklavda sterilize edilmiştir. Daha sonra üzerlerine 5 mL FBS'siz DMEM F12 besiyeri eklenerek 37 °C'de 7 gün inkübe edilmiştir. Numunelerle besiyerinden 1., 4., ve 7. günlerde örnekler alındı ve kullanılana kadar +4ºC'de saklanmıştır. Sitotoksisite deneyi için L929 hücreleri 25 cm^2'lik flasklara ekim yapılmıştır. Hücreler flaskların %80'ini kapladığında hücre sayımı yapılmıştır.

$$Toplam\ Hücre\ Sayısı = Ortalama\ Hücre\ Sayısı \times Seyreltme\ Faktörü \times 10^4 \quad (1)$$

$$= 2 \times 50 \times 10000 = 1000000\ Hücre$$

Denklem 1'e göre hücreler kuyucuk başına 10^4 hücre olacak şekilde 100 uL hacim ile ekim yapılmıştır. 24 saat inkübasyon işlemi sonrası besiyerinin tamamı çekilerek ve hücreler PBS ile yıkanmıştır. Besiyerinin tamamı çekilerek 1., 4. ve 7. günün numunelerinden 100'er µl kuyucuklara eklenmiştir. Her bir numune için 5 tekrar çalışılmıştır. Daha sonra 24 saat hücreler tekrar inkübasyona bırakılmıştır. 24 saat sonrası kuyucuklara önceden hazırlanan stoktan 10'ar uL MTT eklenir ve 3 saat karanlıkta inkübe edilmiştir. Oluşan formazan kristallerini çözmek için kuyucukların her birine 100 uL DMSO eklenir ve yarım saat bekletilmiştir. Son olarak plate 540 nm dalga boyunda plate okuyucu cihazda okutulmuştur. Elde edilen absorbans değerlerinden canlılık hesaplanmıştır. Denklem 2'de verilen denkleme göre hücrelerin canlılığı hesaplanmıştır.

$$\%\ Canlılık = \frac{Deney\ Grubu\ Absorbansı}{Kontrol\ Grubu\ Absorbansı} \times 100 \quad (2)$$

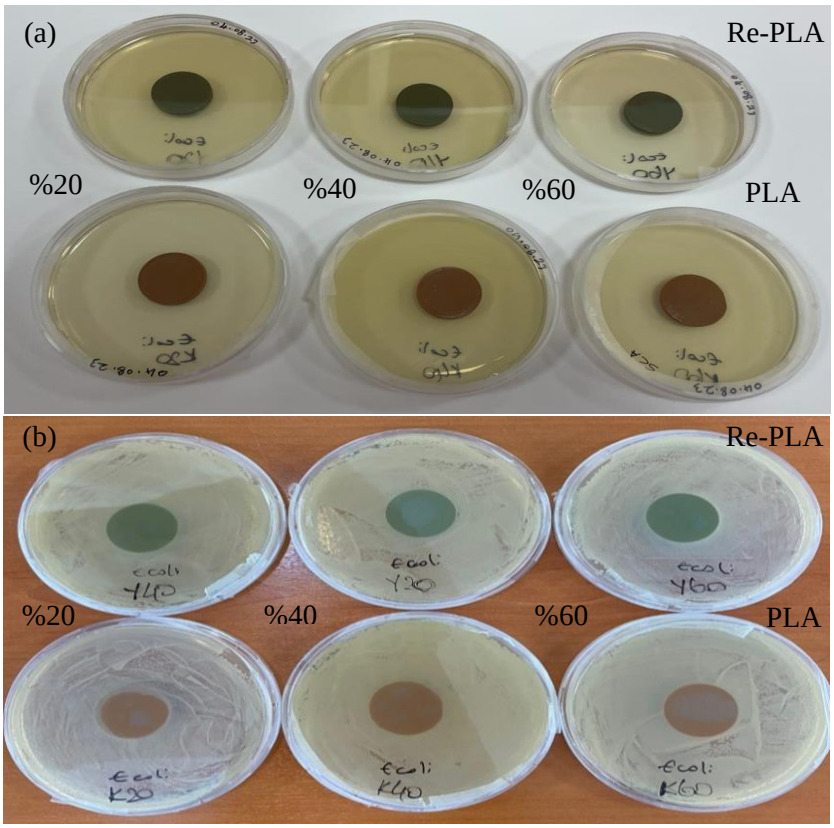
2.2.3. Salınım Testi

Salınım deneylerinde hazırlanan PLA ve Re-PLA polimerlerinin salım özelliklerinin incelenmesi için kullanılan ortam PBS tamponudur. Salınım için tüm numuneler kullanılmış, 10 ml'lik PBS tamponuna eklenmiştir. Çalkalayıcı 100 rpm ve 37ºC deney koşullarında tutularak, belirli aralıklarla çözeltilerden 3 ml örnek alınmış, aynı miktarda PBS yine ortama eklenerek hacim sabit tutulmuştur. Alınan 3 ml'lik örnek UV cihazında 280 nm dalga boyunda analizlenmiş, kalibrasyon grafiği kullanılarak derişim değerlerine geçilmiştir.

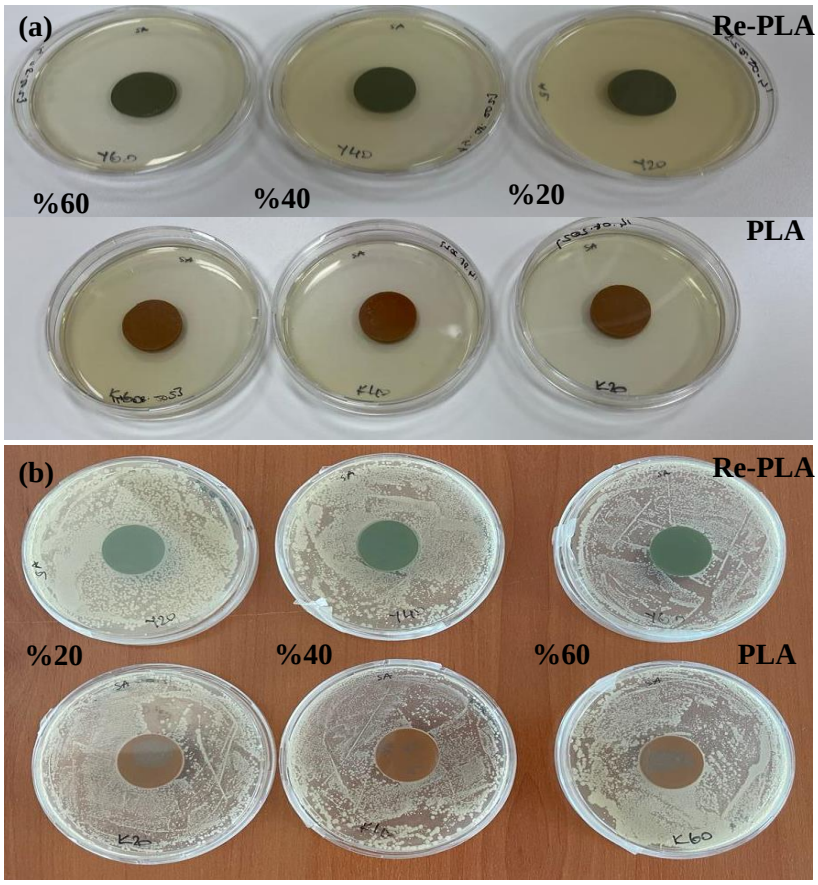
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Antibakteriyel Testi Sonuçları

Şekil 1-2'de sırasıyla E. Coli ve S. Aureus bakterilerine karşı antibakteriyel test sonuçları gösterilmektedir. Her iki şekildede (a) öncesi ve (b) 24 saat bekledikten sonrasındaki görselleri verilmiştir.



Şekil 1: *E.coli* karşı atbakteriyel test görüntüsü (a) öncesi ve (b) sonrası.

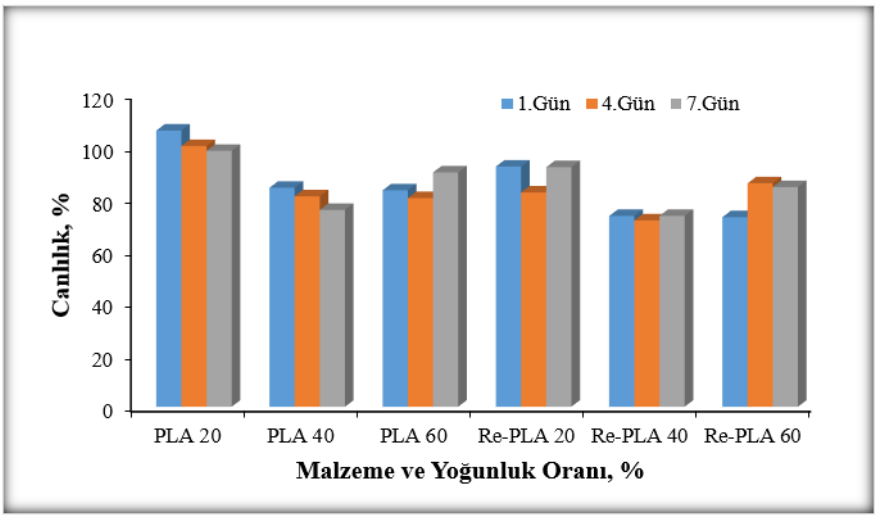


Şekil 2: *S. Aureus* karşı atbakteriyel test görüntüsü (a) öncesi ve (b) sonrası.

Antibakteriyel aktivite, farklı hücre yüzey karakteristik özelliklerinden kaynaklı gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler arasında farklılık gösteren oldukça karmaşık bir süreçtir (Gürler and Yazdıç, 2023). Şekil 1 ve Şekil 2'deki *S. aureus* ve *E.coli* çözeltisindeki numunelerin sonuçlarına bakıldığında, hiçbir numunede bakteriyel aktivite gözlemlenmemiştir. PLA ve Re-PLA sonuçlarının da aynı şekilde olduğu görülmektedir. Yapılan farklı çalışmalarda PLA'nın gram-negatif bakterilere karşı, gram-pozitif bakterilere göre daha yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Sabee et al., 2020). Atık flamentlerden geri dönüştürülmüş Re-PLA numunelerin de PLA numunelerle benzer sonuçlar vermesi, geri dönüşümün önemini göz önüne sermektedir. PLA polimerinin yenilenebilir kaynaklardan üretimi gerçekleştirilen kısmı laktik asittir. Çünkü L-laktik asit' in biyolojik kaynaklardan elde edilebilen laktik asiti barındırmaktadır. D enantiyomer, L-enantiyomer ve mezo-izomeri olarak yapısal açıdan L-laktik asit vardır. Polimer zincirindeki D ve L enantiyomerlerinin oranındaki farklılıklar polimerik yapıya farklılıklar katarlar. Bu oluşumlarda polimerin istenilen performans özelliklerine sahip olarak üretilmesine olanak sağlar (Senatov et al., 2016; Üner and Koçak, 2012).

3.2. Biyouyumluluk Testi Sonuçları

MTT testi sonrası hücrelerin % canlılık değerleri 1, 4 ve 7 günlük inkübasyon sonrası incelenmiştir ve sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 3' te verilmiştir. % hücre canlılık formülü kullanılarak canlılık yüzdelikleri kontrol grubuna göre belirlenmiştir. Kontrol grubu hücre canlılığı %100 olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3: MTT testi sonrası 1, 4 ve 7.gün sonrası hücre canlılık oranları.

PLA 20 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %106,147, %100,204, %98,360 olarak çıkmıştır. PLA 40 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %84,180, %80,901, %75,655 olarak çıkmıştır. PLA 60 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %83,196, %80,191, %90,061 olarak çıkmıştır. Re-PLA 20 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %92,311 , %82,377 , %92,011 olarak çıkmıştır. Re-PLA 40 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %73,360 , %71,618 , %73,360 olarak çıkmıştır. Re-PLA 60 numunesinin 1., 4. ve 7. gün sırasıyla sonuçlar %72,868 , %85,901 , %84,426 olarak çıkmıştır. ISO10993-5 standardına göre gerçekleştirilen testlerde; hücrenin hayatta kalma oranı %70'üzerindeyse numunenin sitotoksisitesi yok sayılmaktadır (Wallin and Arscott, 1998). Sonuçlara bakıldığında atık flamentlerden geri dönüştürülmüş Re-PLA numunelerin kullanımında hücrelerin canlılığının tüm doluluk oranlarında bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. Dört günlük kültürden sonra, genel olarak tüm flamentler için hücre canlılığı ilk güne göre düşmüştür. Dördüncü ve yedinci günde hücre canlılığındaki azalma, ölü hücrelerin ayrılmasından kaynaklanabilir (Chhabra et al., 2016).

3.3. Salınım Testi Sonuçları

PBS ortamında 204 dakika boyunca incelenmiştir. 60. 120. 180. ve 240. dakika aralıklarında örnek numuneler alınarak UV ölçümleri 265 nm de yapılmış ve zamana bağlı kümülatif salım sonuçlarına göre

PLA %20, %40 ve %60 doluluk oranı ve Re-PLA %20, %40 ve %60 doluluk oranlarına sahip numunelerde salınım gözlenmemiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmasında elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- PLA ve Re-PLA numunelerinin S. aureus ve E.coli çözeltilerinde herhangi bir bakteriyel aktivite gözlemlenmemiştir.
- Re-PLA numunelerin kullanımında hücrelerin canlılığının tüm doluluk oranlarında azaldığı dört günlük kültürden sonra genel olarak tüm flamentler için hücre canlılığı ilk güne göre düştüğü tespit edilmiştir.
- %20, %40 ve %60 doluluk oranlarına sahip PLA ve Re-PLA numunelerinde salınım gözlenmemiştir.

Kaynaklar

Chhabra, P., Tyagi, P., Bhatnagar, A., Mittal, G., Kumar, A., 2016. Optimization, characterization, and efficacy evaluation of 2% chitosan scaffold for tissue engineering and wound healing. Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences 8, 300.

Elmas, B.S., 2021. Üç boyutlu (3D) yazıcıda üretilen polilaktik asit (pla) numunelerinin mekanik özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi.

Evlen, H., ÖzdemiR, M.A., Çalişkan, A., 2019. Doluluk Oranlarının PLA ve PET Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. Politeknik Dergisi 22, 1031–1037. https://doi.org/10.2339/politeknik.426413

Folarin, O.M., Sadiku, E.R., Maity, A., 2011. Polymer-noble metal nanocomposites.

Gürler, N., Yazdıç, F.C., 2023. 3-APTMS Takviyeli Kitosan-Polivinil Alkol Harman Filmlerinin Fiziksel ve Antibakteriyel Aktivteleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 26, 154–165.

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., Zeeuw Van Der Laan, A., 2015. Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. International journal of design 9, 35–54.

Kınıkoğlu, N.G., 2013. Malzeme bilimi ve mühendisliği terimleri sözlüğü. Türk Dil Kurumu Yayınları.

Özbay, C., 2019. Polilaktik asitin mekanik özelliklerinin modifiye edilmiş doğal kauçuk ile iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Teknik Üniversitesi.

Sabee, M.M.S., Awang, M.S., Bustami, Y., Hamid, Z.A., 2020. Gentamicin loaded PLA microspheres susceptibility against Staphylococcus aureus and Escherichia coli by Kirby-Bauer and micro-dilution methods, in: AIP Conference Proceedings. AIP Publishing.

Senatov, F.S., Niaza, K.V., Zadorozhnyy, M.Y., Maksimkin, A.V., Kaloshkin, S.D., Estrin, Y.Z., 2016. Mechanical properties and shape memory effect of 3D-printed PLA-based porous scaffolds. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials 57, 139–148.

Theato, P., 2008. Synthesis of well-defined polymeric activated esters. J. Polym. Sci. A Polym. Chem. 46, 6677–6687. https://doi.org/10.1002/pola.22994

Üner, İ., Koçak, E.D., 2012. Poli (laktik asit)'in kullanım alanları ve nano lif üretimdeki uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 11, 79–88.

Wallin, R.F., Arscott, E.F., 1998. A practical guide to ISO 10993-5: Cytotoxicity. Medical Device and Diagnostic Industry 20, 96–98.