



**UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU**
Wydział Chemii

VI Sympozjum

Biomateriały w medycynie i kosmetologii

21 lutego 2025 r.

Toruń

Materiały konferencyjne



Sympozjum organizowane przez Zespół Biomateriałów i Kosmetyków Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Partner:



Patronat honorowy

JM Rektor Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu
prof. dr hab. Andrzej Tretyn

Dziekan Wydziału Chemii UMK
dr hab. Urszula Kielkowska, prof. UMK

Polskie Stowarzyszenie Biomateriałów

Sponsorzy sympozjum:



Stowarzyszenie Zbliżamy z Naturą, Jabłonna



Komitet naukowy

prof. dr hab. Elżbieta Pamuła
prof. dr hab. Urszula Pasławska
prof. dr hab. Alina Sionkowska
prof. dr hab. inż. Wojciech Świąszkowski
dr hab. inż. Dorota Bociąga, prof. PŁ
dr hab. Paweł Kowalczyk, prof. IFZZ
dr hab. Katarzyna Lewandowska, prof. UMK
dr hab. Piotr Piszczek, prof. UMK
dr hab. Aleksandra Radtke, prof. UMK
dr hab. inż. Elżbieta Sikora, prof. PK
dr hab. inż. Beata Świczko-Żurek, prof. PG
dr hab. inż. Maciej Przybyłek, prof. UMK
dr Robert Pasławski

Komitet Organizacyjny

prof. dr hab. Alina Sionkowska - przewodnicząca
prof. dr hab. Urszula Pasławska - wiceprzewodnicząca
dr hab. Katarzyna Lewandowska, prof. UMK - sekretarz
dr hab. Paweł Antosik, prof. UMK
dr hab. Piotr Piszczek, prof. UMK
dr hab. Aleksandra Radtke, prof. UMK
dr hab. inż. Maciej Przybyłek, prof. UMK
dr Robert Pasławski
dr Adrian Topolski
Doktoranci
mgr Patrycja Brudzyńska
mgr Marlena Grodzicka
mgr Marta Szulc
mgr Karolina Kulka-Kamińska
Muhammad Tahir
Szymon Graczyk
Arkadiusz Grzeczka

https://uroda.umk.pl/pages/Sympozjum_2025/

Przygotowanie materiałów konferencyjnych: mgr Patrycja Brudzyńska
Treść streszczeń zamieszczono w formie nadesłanej przez autorów.

Szanowni Państwo,

Jest nam niezmiernie miło, że możemy gościć Państwa na szóstym Sympozjum ***Biomateriały w medycynie i kosmetologii***. Jest to już kolejne Sympozjum organizowane przez Priorytetowy Zespół Badawczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o nazwie Zespół Biomateriałów i Kosmetyków. Tym razem gościmy Państwa w murach Instytutu Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Nasze Sympozjum odbywa się w roku szczególnym dla naszego Uniwersytetu; roku trzech jubileuszy. W roku akademickim 2024/2025 Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu świętuje potrójny jubileusz: 80-lecie istnienia Uniwersytetu, 40-lecie powstania Akademii Medycznej w Bydgoszczy i 20-lecie jej połączenia z UMK oraz powołania Collegium Medicum UMK. Uczestnicząc w Sympozjum dołączamy do świętowania.

Tematyka naszego Sympozjum dotyczy otrzymywania i testowania biomateriałów dla potrzeb medycyny, kosmetologii i przemysłu kosmetycznego. Uczestnicy Sympozjum zgłosili doniesienia naukowe dotyczące wszystkich grup materiałów dla zastosowań medycznych i kosmetycznych, czyniąc to spotkanie naukowe wyjątkowym i niezwykłym.

Od sześciu już lat spotykamy się pod patronatem ***Polskiego Stowarzyszenia Biomateriałów*** w celu wymiany informacji naukowo-technicznej, doświadczeń badawczych oraz naukowych związanych z wszelkimi aspektami dotyczącymi badań biomateriałów.

W naszym Sympozjum uczestniczą zarówno doświadczeni badacze jak i młodzi naukowcy, prezentując wyniki swoich badań. W Sympozjum uczestniczą również goście zagraniczni.

Życzymy wszystkim uczestnikom naszego Sympozjum ciekawych dyskusji naukowych oraz nawiązania kontaktów naukowych i owocnej współpracy.

Komitety Organizacyjny

PROGRAM SYMPOZJUM

21 lutego 2025 r.

- 09.30 – 10.00** *Rejestracja uczestników – odbiór materiałów*
- 10.00 – 10.10** *Otwarcie sympozjum*
prof. dr hab. Alina Sionkowska, prof. dr. hab. Urszula Pasławska

Sesja I

Przewodniczące sesji:

prof. dr hab. Alina Sionkowska, prof. dr. hab. Urszula Pasławska

- 10.10 – 10.30** *Superparamagnetic iron oxide nanoparticles in cancer diagnosis and therapy?*
Anna Karewicz (Uniwersytet Jagielloński)
- 10.30 – 10.50** *Zastosowanie peptydomimetyków jako nowych kandydatów potencjalnych leków o właściwościach trombolitycznych w chorobach układu sercowo-naczyniowego*
Paweł Kowalczyk (IFZZ Jabłonna)
- 10.50 – 11.10** *Rola i perspektywy badań w kosmetologii człowieka i zwierząt*
Natalia Zawierta (Zurko Research)
- 11.10 – 11.30** *Innowacyjne opakowania medyczne i kosmetyczne*
Tomasz Klepka (Politechnika Lubelska)
- 11.30 – 11.50** *Biofabrication of copper-based nanoparticles for medicinal and cosmetological applications*
Sudhir Shende (Nicolaus Copernicus University in Toruń)
- 11.50 – 12.00** *Sustainable polyhydroxyalkanoates – from microbial fermentation to industrial and biomedical applications*
Maciej Guzik (Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk)
- 12.00 – 12.10** *Composite basalt fibres and their potential for medical applications- in vitro analysis*
Piotr Kuropka (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
- 12.10 – 12.20** *Polihydroksyalkaniiny, modyfikowane cząstki pochodzące z ich dekompozycji, jak i bazujące na nich kompozyty jako nowe źródło materiałów do produkcji rusztowań do regeneracji tkanek miękkich oraz kości*
Katarzyna Haraźna (Politechnika Krakowska)
- 12.20 – 12.35** *Innowacyjne rozwiązanie firmy Shimadzu z wykorzystaniem reometru kapilarnego do pomiarów termicznych i płynności wymagających materiałów*
Jan Podgórski (SHIM-POL A.M. Borzymowski)

12.35 – 14.00 **Przerwa (lunch, sesja posterowa, warsztaty Polbionica*)**

** Warsztat: Przygotowanie i hodowla biodrukowanych modeli tkankowych
- prezentacja urządzenia Bioreactor 3D Flow&Culture*

Sesja II

Przewodniczący sesji:

**dr hab. Anna Karewicz, prof. UJ; dr hab. Paweł Kowalczyk, prof. IFZZ
Jabłonna**

14.00 – 14.20 *Covalent Grafting of Biomimetic Molecules on Titania Nanotube Arrays: An Approach to Mitigate Bacterial Adhesion and Improve the Antibacterial Efficacy of Titanium Implants*
Ketul Popat (George Mason University and Colorado State University, USA)

14.20 – 14.40 *Światło jako katalizator innowacji: Biomateriały inspirowane naturą, dedykowane inżynierii tkankowej*
Sylwester Domański (Polbionica)

14.40 – 14.50 *Design and characterization of multifunctional platforms based on metallic nanoparticles-decorated alginate capsules for theranostics*
Patrycja Domalik-Pyzik (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

14.50 – 15.00 *Rola keratynocytów w modulowaniu stanu zapalnego w odpowiedzi na czynniki fizyczne stosowane w kosmetologii*
Anna Ścisłowska-Czarnecka (AWF w Krakowie)

15.00 – 15.10 *Hydrogel bioactive wound dressings modified with substances of natural origin – obtaining and assessing the properties*
Anna Morawska-Chochół (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

15.10 – 15.20 *3D printing for the produce of personalized metallic and polymeric implants*
Gabriela Wielgus (Politechnika Śląska)

15.20 – 15.30 *Mikrocząstki węgla wapnia z dodatkiem magnezu modyfikowane heparyną i tizaparyną*
Zuzanna Pawlak-Likus (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

15.30 – 15.40 *Production and characterization of the system: metallic implant/oxide interlayer/hydroxyapatite*
Michalina Ehlert (Nicolaus Copernicus University in Toruń)

15.40 – 15.50 *Alginate-based hydrogels for magnetically controlled oral delivery of bioactive compounds to the intestines*
Aleksandra Lisowska (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

- 15.50 – 16.00** *Nanostructured agar mats for application in the cleaning and disinfection of sensitive surfaces*
Simone Pettineo (University of Genoa)
- 16.00 – 16.10** *Bioaktywne szkło zawierające jony cynku jako nośnik 6-merkaptopuryny*
Natalia Pyra (Politechnika Poznańska)
- 16.10 – 16.20** **Zakończenie sympozjum**

Spis wykładów

Wykład 1

Anna Karewicz

SUPERPARAMAGNETIC IRON OXIDE NANOPARTICLES IN CANCER DIAGNOSIS AND THERAPY?.....16

Wykład 2

Paweł Kowalczyk

ZASTOSOWANIE PEPTYDOMIMETYKÓW JAKO NOWYCH KANDYDATÓW POTENCJALNYCH LEKÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH TROMBOLITYCZNYCH W CHOROBAH UKŁADU SERCOWO-NACZYNIOWEGO - BADANIA MODELOWE NA ZWIERZĘTACH.....17

Wykład 3

Natalia Zawierta

ROLA I PERSPEKTYWY BADAŃ W KOSMETOLOGII CZŁOWIEKA I ZWIERZĄT.....19

Wykład 4

Tomasz Klepka

INNOWACYJNE OPAKOWANIA MEDYCZNE I KOSMETYCZNE.....20

Wykład 5

Sudhir S. Shende

BIOFABRICATION OF COPPER-BASED NANOPARTICLES FOR MEDICINAL AND COSMETOLOGICAL APPLICATIONS.....22

Wykład 6

Maciej Guzik

SUSTAINABLE POLYHYDROXYALKANOATES – FROM MICROBIAL FERMENTATION TO INDUSTRIAL AND BIOMEDICAL APPLICATIONS.....23

Wykład 7

Piotr Kuropka

COMPOSITE BASALT FIBRES AND THEIR POTENTIAL FOR MEDICAL APPLICATIONS- IN VITRO ANALYSIS.....24

Wykład 8

Katarzyna Haraźna

POLIHIDROKSYALKANIANY, MODYFIKOWANE CZĄSTKI POCHODZĄCE Z ICH DEKOMPOZYCJI, JAK I BAZUJĄCE NA NICH KOMPOZYTY JAKO NOWE ŹRÓDŁO MATERIAŁÓW DO PRODUKCJI RUSZTOWAŃ DO REGENERACJI TKANEK MIĘKKICH ORAZ KOŚCI.....25

Wykład 9

Jan Podgórski

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE FIRMY SHIMADZU Z WYKORZYSTANIEM REOMETRU KAPILARNEGO DO POMIARÓW TERMICZNYCH I PŁYNNOŚCI WYMAGAJĄCYCH MATERIAŁÓW.....26

Wykład 10

Ketul Popat

COVALENT GRAFTING OF BIOMIMETIC MOLECULES ON TITANIA NANOTUBE ARRAYS: AN APPROACH TO MITIGATE BACTERIAL ADHESION AND IMPROVE THE ANTIBACTERIAL EFFICACY OF TITANIUM IMPLANTS.....27

Wykład 11

Sylwester Domański

ŚWIATŁO JAKO KATALIZATOR INNOWACJI: BIOMATERIAŁY INSPIROWANE NATURĄ, DEDYKOWANE INŻYNIERII TKANKOWEJ28

Wykład 12

Patrycja Domalik-Pyzik

DESIGN AND CHARACTERIZATION OF MULTIFUNCTIONAL PLATFORMS BASED ON METALLIC NANOPARTICLES-DECORATED ALGINATE CAPSULES FOR THERANOSTICS.....29

Wykład 13

Anna Ścisłowska-Czarnecka

THE ROLE OF KERATINOCYTES IN THE MODULATION OF INFLAMMATION UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS USED IN COSMETOLOGY.....30

Wykład 14

Anna Morawska-Chochół

HYDROGEL BIOACTIVE WOUND DRESSINGS MODIFIED WITH SUBSTANCES OF NATURAL ORIGIN – OBTAINING AND ASSESSING THE PROPERTIES.....31

Wykład 15

Gabriela Wielgus

3D PRINTING FOR THE PRODUCE OF PERSONALIZED METALLIC AND POLYMERIC IMPLANTS.....32

Wykład 16

Zuzanna Pawlak-Likus

MIKROCZĄSTKI WĘGLANU WAPNIA Z DODATKIEM MAGNEZU MODYFIKOWANE HEPARYNĄ I TINZAPARYNĄ.....33

Wykład 17

Michalina Ehlert

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF THE SYSTEM: METALLIC IMPLANT/OXIDE INTERLAYER/HYDROXYAPATITE.....34

Wykład 18

Aleksandra Lisowska

ALGINATE-BASED HYDROGELS FOR MAGNETICALLY CONTROLLED ORAL DELIVERY OF BIOACTIVE COMPOUNDS TO THE INTESTINES.....36

Wykład 19

Simone Pettineo

NANOSTRUCTURED AGAR MATS FOR APPLICATION IN THE CLEANING AND DISINFECTION OF SENSITIVE SURFACES.....37

Wykład 20

Natalia Pyra

BIOAKTYWNE SZKŁO ZAWIERAJĄCE JONY CYNKU JAKO NOŚNIK 6-MERKAPTOPYRYN.....38

Spis alfabetyczny uczestników sesji posterowej

Poster 1

Sara Bednarska

OCENA WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH MASY PERŁOWEJ.....41

Poster 2

Joanna Białoń

THE WETTABILITY OF THE SURFACE OF CALCIUM PHOSPHATE COATINGS.....42

Poster 3

Patrycja Brudzyńska

INVESTIGATION OF THREE-DIMENSIONAL CHITOSAN-BASED SCAFFOLDS ENRICHED WITH BIOACTIVE PIGMENT.....43

Poster 4

Rukudzo Chihota

POLYSILOXANE-BASED COATINGS WITH BACTERICIDAL ADDITIVES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS.....44

Poster 5

Anna Dżiki

EKSTRAKTY Z BAZYLI (OCIMUM BASILICUM) Z HODOWLI IN VITRO ORAZ IN VIVO JAKO POTENCJALNE SUROWCE KOSMETYCZNE.....45

Poster 6

Szymon Graczyk

HEART RATE CHANGES UNDER HOLTER MONITORING IN DOGS TREATED WITH HYPERBARIC OXYGEN CHAMBER.....47

Poster 7

Marlena Grodzicka

THE IMPORTANCE OF HYDROXYAPATITE ON THE SURFACE OF BIODEGRADABLE BONE IMPLANTS.....48

Poster 8

Katarzyna Haraźna

CHEMICZNIE MODYFIKOWANE POLISACHARYDY JAKO BAZA DO WYTWARZANIA KOMPOZYTÓW PRZEZNACZONYCH DO REGENERACJI UBYTKÓW TKANKI KOSTNO-CHRZĘSTNEJ.....49

Poster 9

Mieszko Jarzębowski

OCENA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI TLENKOWYCH POWŁOK CYRKONOWYCH WYTWARZANYCH NA STOPIE TYTANU PO OBRÓBCE LASEROWEJ.....50

Poster 10

Edyta Kosińska

*WPLYW MODYFIKACJI STOPU TYTANU BIOAKTYWNĄ CERAMIKĄ
HYDROKSYAPATYTOWĄ NA ICH WŁAŚCIWOŚCI W ŚRODOWISKACH
BIOLOGICZNYCH.....51*

Poster 11

Aleksandra Koźlenko

*BIOAKTYWNE KOMPOZYTY NA BAZIE CHITOZANU DO ZASTOSOWAŃ W
STOMATOLOGII.....52*

Poster 12

Karolina Kulka-Kamińska

*PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CHEMICALLY CROSS-LINKED COLLAGEN
FILMS.....53*

Poster 13

Katarzyna Lewandowska

*WPLYW PROMIENIOWANIA UV NA WŁAŚCIWOŚCI HYDRODYNAMICZNE ROZTWORÓW
KOLAGENU RYBIEGO.....54*

Poster 14

Sandra Lewandowska

*CHARAKTERYSTYKA REOLOGICZNA KOMPOZYTÓW NA BAZIE
KARBOSKYMETYLOCHITOZANU.....55*

Poster 15

Kamila Lis

*GRADIENTOWE NANOMATERIAŁY DO REGENERACJI TKANKI KOSTNO-
CHRZESTNEJ.....56*

Poster 16

Katarzyna Łęczycka-Wilk

*INNOVATIVE HYDROGELS BASED ON DIALDEHYDE STARCH AND GLUCOMANNAN
ENRICHED WITH ESSENTIAL OILS.....57*

Poster 17

Klaudia Malisz

*BADANIE BIOKOMPOZYTÓW NANOHYDROKSYAPATYTOWYCH O WŁAŚCIWOŚCIACH
ANTYBAKTERYJNYCH W SYMULOWANYM ŚRODOWISKU PŁYNÓW USTROJOWYCH.....58*

Poster 18

Bartłomiej Mirowski

*DEVELOPMENT OF TENSILE STRENGTH TESTING METHOD FOR HYDROGEL
STRUCTURES.....59*

Poster 19

Maria Niedbalska

OTRZYMYWANIE PREPARATÓW KOSMETYCZNYCH ZAWIERAJĄCYCH SUROWCE Z PESTEK WINOGRON I GRANATU.....60

Poster 20

Katarzyna Noryca

DESIGN OF NOVEL HYDROGEL MATERIALS FOR SKIN APPLICATIONS WITH PROLONGED RELEASE OF THYME OIL.....61

Poster 21

Paweł Petelewicz

BADANIE WPLYWU DOMIESZKOWANIA FLUOREM POWŁOK WĘGLOWYCH Z WYKORZYSTANIEM GAZU CF₄ NA ICH WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI.....62

Poster 22

Simone Pettineo

POLYMERIC BLEND OF ALGINATE/PVA/L-ARGININE FOR WOUND HEALING APPLICATION.....63

Poster 23

Julia Sadlik

STOPY TYTANU MODYFIKOWANE CERAMIKĄ BIOAKTYWNĄ Z POTENCJAŁEM DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH.....64

Poster 24

Marta Sharafan

VITIS VINIFERA CV. JOHANNITER IN VITRO CULTURES - PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF THE INNOVATIVE COSMETIC INGREDIENT.....65

Poster 25

Olena Sych

PREPARATION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF HYDROXYAPATITE-CHITOSAN COMPOSITES.....66

Poster 26

Klaudia Szafarz

ROLA OBRÓBKII POWIERZCHNIOWEJ W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH STOPU Ti6Al7Nb – BADANIA PORÓWNAWCZE.....67

Poster 27

Anna Ścisłowska-Czarnecka

THE EFFECT OF FERULIC ACID ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF HUMAN FIBROBLASTS.....69

Poster 28

Patryk Śniarowski

SURFACE MODIFICATION OF AISI 316 LVM MEDICAL STEEL WITH CARBON COATINGS DOPED WITH TI, CU AND TI-CU – ANALYSIS OF MECHANICAL AND CORROSION PROPERTIES.....70

Poster 29

Muhammad Tahir

COMPOSITE BASED ON POLYVINYL ALCOHOL, CHITOSAN, CAFFEINE, AND POLYDOPAMINE FOR WOUND HEALING.....72

Poster 30

Adrian Topolski

EFFECT OF TITANIA ON PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF GLYCERIN.....73

Poster 31

Marta Wanic

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I FILMOTWÓRCZE UKŁADÓW NA BAZIE CHITOZANU DO ZASTOSOWAŃ KOSMETYCZNYCH.....74

Poster 32

Renata Woźniacka

MODIFICATION OF POLY-L-LACTIDE WITH HYALURONIC ACID FOR COSMETIC APPLICATIONS.....75

Poster 33

Renata Woźniacka

THE EFFECT OF ACEROLA BIOFERMENT ON THE PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF RESTING MACROPHAGES – IN VITRO STUDIES.....76

Poster 34

Lidia Zasada

THE CHARACTERIZATION OF FILMS BASED ON HYALURONIC ACID AND TANNIC ACID AS COSMETIC FACE MASKS.....77

WYKŁADY

Wykład 1

**SUPERPARAMAGNETIC IRON OXIDE NANOPARTICLES
IN CANCER DIAGNOSIS AND THERAPY?**

Anna Karewicz¹, Martyna Kasprzyk^{1,2}, Adrianna Kuźdżał^{1,2}, Gabriela Opila⁴, Czesław Kapusta⁴,
Joanna Dulińska-Litewka³

¹ *Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Kraków, Poland*

² *Doctoral School of Exact and Natural Sciences, Jagiellonian University, Kraków, Poland*

³ *Chair of Medical Biochemistry, Jagiellonian University Medical College, Kraków, Poland.*

⁴ *AGH University of Kraków, Faculty of Physics and Applied Computer Science, Kraków, Poland*

Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) have been extensively studied for their medical applications, particularly in cancer diagnosis and therapy. Due to their nanometric size, exceptional magnetic properties and good biocompatibility, SPIONs have found applications as contrasts in magnetic resonance imaging (MRI), in the capture of circulating tumour cells (CTCs), in magnetic hyperthermia and in drug delivery. The versatility of these nanoparticles is mainly due to the variety of coatings that can be used to stabilise them in suspension. These coatings, mainly polymers, influence the properties of the resulting SPIONs and allow their further functionalisation. Depending on the application, a variety of bioactive molecules can be attached to the surface of the SPIONs, including drugs, antibodies and various ligands enabling controlled interactions with cells and tissues, as well as targeted delivery. Our recent research focuses on the synthesis of novel SPION systems stabilised with biocompatible polymers and their derivatives, their detailed physicochemical characterisation and subsequent functionalisation for selected biomedical applications, mainly for CTC capture and MRI

One of the most suitable materials used for SPION coating is chitosan. It was first modified to yield N-succinyl chitosan (NSCh) and quaternary ammonium chitosan (CCh), and these derivatives were then used to stabilise iron oxide magnetic cores. Co-precipitation of iron(II) and iron(III) under alkaline conditions was applied to synthesise the magnetic nanoparticles. The resulting SPION/NSCh and SPION/CCh were characterised using DLS/ELS, ATR-FTIR, TEM, AFM, Mössbauer spectroscopy, magnetometry and XRD. The surface of the nanoparticles was then modified with an antibody against N-cadherin. The physicochemical and biological properties of the antibody-decorated nanoparticles were further investigated to verify their potential in CTC capture. Another material exploited as a SPION coating was a low molecular weight hyaluronic acid. The surface of the resulting SPION/HA nanoparticles was further modified with folic acid. Both systems were characterised similarly to SPION/NSCh and SPION/CCh. The folic acid-modified nanoparticles have shown their potential as T1 and T2 MRI contrast agents with excellent properties. They have also an ability to selectively target glioma and adenocarcinoma cells and exhibit additional anti-tumour activity against these cells.

Acknowledgements:

The research was funded by the National Science Centre under project no. NCN 2020/39/B/NZ5/03142.

Wykład 2

**ZASTOSOWANIE PEPTYDOMIMETYKÓW JAKO NOWYCH KANDYDATÓW
POTENCJALNYCH LEKÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH TROMBOLITYCZNYCH W
CHOROBAH UKŁADU SERCOWO-NACZYNIOWEGO
- BADANIA MODELOWE NA ZWIERZĘTACH**

Paweł Kowalczyk^{1*}, Dominik Koszelewski², Ryszard Ostaszewski², Karol Kramkowski³, Daria Włodara⁴

¹ Department of Animal Nutrition, The Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Polish Academy of Sciences, Instytutcka 3 05-110 Jabłonna, Polska

² Institute of Organic Chemistry, Polish Academy of Sciences, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warsaw, Poland

³ Department of Physical Chemistry, Medical University of Białystok, Kilińskiego 1 Str., 15-089 Białystok, Poland

⁴ Stowarzyszenie Zbliżamy z Naturą, Modlińska, 256, 05-110 Jabłonna, Polska

*Correspondence: p.kowalczyk@ifzz.pl (P.K.), Tel.: +48-227653301 (P.K.)

Wstęp: Peptydomimetyki zawarte w wielu gatunkach popularnych roślin ze względu na ich wielkość od 1-100 nm mogą być wchłaniane z przewodu pokarmowego w wyniku endocytozy do organizmu i mogą zmniejszać gromadzenie się bakterii patogennych, zmniejszając podatność na procesy patofizjologiczne, takie jak nowotwory, choroby neurodegeneracyjne, choroby układu krążenia lub starzenie się komórek. Do tej grupy zaliczają się zarówno pochodne kumaryny, jak i groch siewny zawierający substancję β -ODAP, która jest również postrzegana jako wielofunkcyjny metabolit roślinny o dużym potencjale terapeutycznym ze względu na aktywację kinazy białkowej C, co dodaje nowy wymiar do badań nad jej potencjałem w leczeniu chorób układu krążenia i incydentów niedokrwiennych, takich jak miażdżyca lub zawał mięśnia sercowego. Ponadto β -ODAP jest stosowany jako środek hemostatyczny podczas operacji poprzez stymulację receptorów glutaminianu, kwasu α -amino-3-hydroksy-5-metylo-4-izoksazolopropionowego (AMPA), które wywołują kaskadę reakcji neurofizjologicznych, w tym transport Ca^{2+} i produkcję NO. β -ODAP hamuje nie tylko transport naturalnego glutaminianu, zwiększając i przedłużając stymulację, ale także enzymy biorące udział w metabolizmie aminokwasów i aktywności mitochondrialnej. Oprócz pobudzania receptorów glutaminianu, β -ODAP ma podobną strukturę do tradycyjnie działających leków i antybiotyków, ale z innymi efektami biochemicznymi. Analizowane związki, dostając się do przewodu pokarmowego z pożywieniem, mogą niszczyć patogenny biofilm bakteryjny, który w błonie śluzowej żołądka może powodować stan zapalny i stres oksydacyjny poprzez uwalnianie dużych ilości reaktywnych form tlenu i azotu, powodując utlenianie kwasów nukleinowych, białek i lipidów. Zastosowane związki mogą być również czynnikiem rozrzedzającym krew, dezaktywującym płytki krwi. **Celem projektu** jest dogłębne zrozumienie wpływu naturalnych substancji pochodzenia roślinnego z kurkumy i grochu zwyczajnego jako naturalnych peptydomimetyków o udokumentowanym działaniu przeciwbakteryjnym w żywieniu zwierząt gospodarskich, na przykładzie prosiąt oraz analizy układu krążenia w tworzeniu się skrzepu w procesie fibrynolizy, który może pośrednio indukować uszkodzenia DNA i mitochondriów zawartych w płytkach krwi. **Opis badań:** Badania zostaną przeprowadzone na 24 prosiątach (12 loszek i 12 knurów) w wieku 28-49 dni, o masie ciała ok. 8-16 kg w 1 powtórzeniu. Zwierzęta będą utrzymywane w indywidualnych kojcach (2,5×1,2 m), w warunkach termoneutralnych dostosowanych do wieku zwierząt. Po odsadzeniu w

wieku 28 dni prosięta zostaną losowo przydzielone do 3 grup po 8 sztuk (4 loszki i 4 knury). Zwierzęta z grupy kontrolnej (K) i z grup doświadczalnych (A i B) będą karmione standardową dietą dostosowaną do wieku świń. Prosięta z grup doświadczalnych/eksperymentalnych będą dodatkowo otrzymywać pochodne kumaryny w diecie jako peptydomimetyki w ilości 40 ng na kg masy ciała w 1 dniu po odsadzeniu - (1 dzień eksperymentu) i w 14 dniu eksperymentu (w formie płynnego zastrzyku do pyska) (grupa A) lub prosięta otrzymujące substancję czynną z grochu w ilości 40 ng peptydomimetyku na kg masy ciała w 14 dniu eksperymentu (grupa B). W 21 dniu eksperymentu prosięta ze wszystkich grup zostaną uśmiercone. Następnie od zwierząt zostaną pobrane przekroje poprzeczne tkanek przewodu pokarmowego: dwunastnicy, jelita cienkiego i grubego, wątroby i trzustki, a także krew z analizowanych grup (K, A, B). W uzyskanych homogenatach przewodu pokarmowego zwierząt zostanie zbadany potencjalny poziom adduktów zasad DNA poprzez pomiar glikozylaz naprawczych metodą Nicking Assay. Ponadto zostanie zbadany poziom hipoksji lub hiperoksji w mitochondriach płytek krwi metodą testu zużycia tlenu. Akumulacja i dystrybucja peptydomimetyków w tkankach przewodu pokarmowego zostanie wykazana poprzez analizę ekspresji genów: (COX, LOX, TDG, MPG, OGG1, AP1). A powstawanie potencjalnego skrzepu w naczyniach krwionośnych zostanie zbadane systemem analizy skrzepu. **Oczekiwane efekty:** Analizowane wyciągi roślinne będą alternatywą dla nowych potencjalnych leków - w indukcji rozrzedzania skrzepu w procesie fibrynolizy tętnic i żył jako prozdrowotna alternatywa dla leków chemicznych uszkadzających naczynia i tkanki układu krążenia i pokarmowego. **Wyniki badań** w znacznym stopniu przyczynią się do zrozumienia etiologii i diagnostyki chorób układu krzepnięcia, co przyczyni się do optymalizacji strategii terapii tych chorób.

Wykład 3

ROLA I PERSPEKTYWY BADAŃ W KOSMETOLOGII CZŁOWIEKA I ZWIERZĄT

Natalia Zawierta

Zurko Research

Wstęp: Badania kliniczne są nieodzownym elementem badań w kosmetologii, ponieważ umożliwiają ocenę skuteczności i bezpieczeństwa kosmetyków przeznaczonych dla ludzi i zwierząt. Badania kliniczne w kosmetologii na terenie Unii Europejskiej są uregulowane prawnie i są przeprowadzane w laboratoriach badawczych. Podstawowym celem tych regulacji jest ograniczenie badań na zwierzętach, unikanie testów inwazyjnych i propagowanie metod alternatywnych.

Materiał i metody: Badania preparatów kosmetycznych obejmują testy dermatologiczne: na skórze ludzkiej i/lub zwierzęcej (w celu oceny tolerancji, właściwości przeciwalergicznym i bezpieczeństw), testy skuteczności (np. pomiary nawilżenia, redukcji zmarszczek, poprawy elastyczności skóry), testy sensoryczne (ocena doświadczeń użytkowników końcowych). Wykonanie badań wymaga stosowania zaawansowanych technologicznie procedur tj. badania spektroskopowe, analiza obrazowa, dermatoskopia, VISIA.

Wnioski: Badania kliniczne preparatów kosmetycznych umożliwiają wiarygodną ocenę ich skuteczności i bezpieczeństwa. Przeprowadzenie ich w wyspecjalizowanych, certyfikowanych laboratoriach zwiększa zaufanie do jakości przeprowadzonych badań.

Wykład 4

INNOWACYJNE OPAKOWANIA MEDYCZNE I KOSMETYCZNE

Tomasz Klepka

Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, ul. Nabyszczyńska 36, 20-618 Lublin, e-mail– t.klepka@pollub.pl

Obecnie w dziedzinie opracowywania zaawansowanych materiałów polimerowych na potrzeby biotechnologii obserwuje się fundamentalną transformację w zakresie podejścia do ich projektowania. Z uwagi na wymogi i specyfikę tego typu rynku, zagadnienia te wymagają interdyscyplinarnego podejścia obejmującego aspekty chemii, inżynierii materiałowej, inżynierii środowiska oraz zaawansowanych technik wytwarzania opakowań oraz ekologicznego podejścia. Badania naukowe z tego obszaru koncentrują się zarówno na identyfikacji kluczowych mechanizmów degradacji polimerów i związków naturalnych, stanowiących alternatywę dla konwencjonalnych tworzyw syntetycznych. Materiały oparte na naturalnych polimerach, takich jak agar, celuloza bakteryjna oraz kompozyty grzybowe, charakteryzują się wyjątkową zdolnością do kontrolowanej degradacji w produkcji i w warunkach środowiskowych. Szczególną uwagę w pracach naukowych poświęca się kompozycjom polimerowym opartym na kwasie polimlekowym (PLA), polihydrokys kwasach (PHA) oraz kompozycjom opartym na poly(3-Hydroxybutyracie) (PHB), wykazującym znakomite właściwości biodegradowalne przy zachowaniu wysokiej stabilności mechanicznej [1].

Z uwagi na możliwość modyfikacji struktury molekularnej polimeru poprzez wprowadzenie do matrycy polimerowej specyficznych grup funkcyjnych, można uzyskać zoptymalizowany proces rozkładu biologicznego. Prognozuje się, że przyszłość opakowań medycznych i kosmetycznych będzie zdeterminowana przez trzy fundamentalne kierunki badawcze: zaawansowane technologie wytwarzania biopolimerów, inteligentne systemy modyfikacji molekularnej oraz ekologiczną odpowiedzialność inżynierii procesowej w zakresie wytwarzania i recyklingu opakowań.

Metody modyfikacji struktury molekularnej biopolimerów polegające na precyzyjnym modyfikowaniu łańcuchów polimerowych umożliwią kontrolę ich właściwości mechanicznych i termicznych dla specyficznych zastosowań wymaganych dla opakowań medycznych i kosmetycznych [2]. Dzięki temu możliwe jest osiągnięcie niemal identycznych parametrów wytrzymałościowych, takich jak tradycyjne tworzywa syntetyczne. W wyniku kontroli procesów degradacji w warunkach środowiskowych pod wpływem czynników atmosferycznych możliwe jest także przewidywanie tempa rozkładu biopolimerów. W wyniku rozwoju nowych technologii wytwarzania można będzie uzyskać nowatorskie oryginalne projekty opakowań z nanokompozytów o zaawansowanych parametrach, przy jednoczesnym minimalnym śladzie węglowym procesu produkcyjnego i świadomym projektowaniu cyklu życia produktu w wymaganym obiegu zamkniętym.

Badania powstały w ramach zadania zleconego pn. „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego” finansowanego z dotacji celowej Ministra Edukacji i Nauki nr umowy: MEiN/2022/DPI/2575, MEiN/2022/DPI/2577, MEiN/2022/DPI/2578, działanie „ISKRA - budowanie międzyuczelnianych zespołów badawczych”.

References:

- [1] Zarzyka I., Krzykowska B., Hęclik K., Frącz W., Janowski G., Bąk Ł., Klepka T., Bieniaś J., Ostapiuk M., Tor-Świątek A., Drożdziel-Jurkiewicz M., Tomczyk A., Falkowska A., Kuciej M.: Modification Of Poly(3-Hydroxybutyrate) With A Linear Polyurethane Modifier And Organic Nanofiller - Preparation and Structure–Property Relationship, *Materials* 2024, vol. 17, nr 22, s. 1-16.
- [2] Frącz W., Krzykowska B., Zarzyka I., Klepka T., Janowski G., Bąk Ł., Processing Problems Of Polymer Compositions Of Poly(3-Hydroxybutyrate), P3hb With Polyurethanes Modifiers, PRO-TECH-MA 2024, International Scientific Conference, 18-19th September Rzeszów 2024

Wykład 5

BIOFABRICATION OF COPPER-BASED NANOPARTICLES FOR MEDICINAL AND COSMETOLOGICAL APPLICATIONS

Sudhir S. Shende^{1,*}, Aniket K. Gade¹, Patrycja Golińska¹, Mahendra Rai²

¹*Department of Microbiology, Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland*

²*Department of Chemistry, Federal University of Piauí (UFPI), Teresina, Brazil*

Email Id: Sudhir.shende@umk.pl

In recent years, nanoparticles (NPs) have gained significant attention due to their unique physicochemical properties, such as high surface area, antimicrobial and anticancer activity, antioxidant properties, and catalytic potential, making them ideal candidates for a variety of promising applications in therapeutic medicine and cosmetics purposes [1-3]. The biofabrication through green synthesis methods utilizes biological resources to reduce metal ions into nanoparticles, ensuring the production of copper (Cu)-based NPs with enhanced biocompatibility and functional properties, which offers a green alternative to conventional chemical and physical synthesis methods that often involve toxic reagents [3,4]. The biofabricated Cu-based NPs exhibit a broad range of activities, including antibacterial, anti-inflammatory, and wound-healing properties, making them suitable for medicinal applications such as drug delivery, wound care, and antimicrobial therapies [1]. In the cosmetic industry, Cu-based NPs are used in formulations aimed at anti-aging, skin regeneration, and UV protection due to their ability to neutralize free radicals and promote collagen synthesis. In this context, a comprehensive review of the biofabrication methods for CuNPs highlights their biomedical and cosmetic applications and discusses the challenges and future prospects of utilizing copper-based nanoparticles in these fields.

The advancements in biofabrication techniques pave the way for the development of more sustainable, cost-effective, and eco-friendly nanoparticles for a wide range of applications in healthcare and personal care products.

Acknowledgement

SSS and PG acknowledge the YUFE4Postdocs (Y4P) programme, financially supported by European Union funds as a part of the Marie Skłodowska-Curie Actions Cofund programme (Agreement No. 101081327), Ministry of Science and Higher Education under the “International Co-financed Projects” programme (Agreement No. 5678/HE/2023/2024/2). AKG acknowledges the National Science Centre and the European Union Framework Programme (Project No. UMO-2022/45/P/NZ9/01571), co-funded by Research and Innovation Horizon 2020 under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No.945339.

References:

- [1] S. Shende, A.P. Ingle, A. Gade, M. Rai *World J Microbiol Biotechnol.* 2015, 31(6), 865-73.
- [2] M.J. Woźniak-Budych, K. Staszak, M. Staszak *Molecules.* 2023, 28(18), 6687.
- [3] Y.T. Gebreslassie, F.G. Gebremeskel *Biotechnol. Rep.* 2024, 41, e00828.
- [4] A. Antonio-Pérez, L.F. Durán-Armenta, M.G. Pérez-Loredo, A.L. Torres-Huerta *Micromachines* 2023, 14, 1882.

Wykład 6

**SUSTAINABLE POLYHYDROXYALKANOATES – FROM MICROBIAL
FERMENTATION TO INDUSTRIAL AND BIOMEDICAL APPLICATIONS**

Maciej Guzik, Joanna Kryściak-Czerwenka, Robert Karcz, Ewelina Cichoń, Katarzyna
Zimowska, Anna Faruga, Justyna Prajsnar

*Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, ul. Niezapominajek
8, 30-239 Krakow, Poland, E-mail: maciej.guzik@ikifp.edu.pl*

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) are a versatile class of biopolymers synthesized by bacteria through fermentation, offering a sustainable alternative to conventional plastics. These biodegradable and biocompatible materials can be produced from a wide range of renewable resources, including biomass, industrial byproducts from food, wood, and biodiesel production, as well as wastewater streams. Their tunable physicochemical properties make them attractive for diverse applications.

PHAs find use in both everyday consumer products, such as packaging materials and cosmetics, and in advanced medical applications, including wound dressings, tissue engineering scaffolds, and drug delivery systems. The chemical structure of PHAs allows for facile enzymatic and chemical modifications, further broadening their functionality.

Our research focuses on optimizing bacterial fermentation processes for the efficient production of PHAs using renewable feedstocks like glycerol and organic acids. Additionally, we employ biocatalytic approaches, particularly with lipases, to functionalize PHA-derived monomers such as 3-hydroxy acids. These enzymatic transformations enable the synthesis of bioactive compounds, including sugar esters and novel antibiotics. By integrating microbial biosynthesis with biocatalysis, we contribute to the development of high-value, sustainable materials for both industrial and biomedical applications.

Wykład 7

COMPOSITE BASALT FIBRES AND THEIR POTENTIAL FOR MEDICAL APPLICATIONS- IN VITRO ANALYSIS

Piotr Kuropka, Benita Wiatrak, Małgorzata Tarnowska

¹ *Department of Biostructure and Animal Physiology Faculty of Veterinary Medicine, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Norwida 25 50-375 Wrocław, Poland*

² *Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Wrocław Medical University, J. Mikulicza-Radeckiego 2, 50-345 Wrocław, Poland; Department of Basic Medical Sciences, Faculty of Pharmacy, Wrocław Medical University, Borowska 211, 50-556 Wrocław, Poland.*

Email: piotr.kuropka@upwr.edu.pl, benita.wiatrak@gmail.com, malgorzata.tarnowska@upwr.edu.pl

Polymeric composite materials are nowadays widely used primarily in the construction industry due to their durability, and versatile characteristics. Basalt composite fibres are a material obtained by melting basalt rock. Small diameter size, enables their use in a wide range of applications, including the weaving of products of different sizes and shapes. Basalt fibres are characterised by high hardness, resistance to stretching, oxidation, radiation of a wide spectrum of wavelengths, high and low temperatures, and unique properties in terms of permeability to X-rays and magnetic fields. The research conducted was aimed at assessing the cytotoxicity and biocompatibility of basalt materials in various forms, including rods, meshes and thin, long fibres. Their potential in biomedical and engineering applications was analysed. The experimental approach followed ISO standards for materials testing and cytotoxicity assessment. The study used - mouse cell lines - Balb/3T3 (clone A31) and L929 fibroblasts, according to the guidelines of the EN ISO 10993-5:2009 standard, focused on the in vitro evaluation of biomaterials. Both cell lines were cultured in their respective media - DMEM for Balb/3T3 and EMEM for L929 - with the addition of serum, antibiotics and L-glutamine to ensure optimal growth. Cells were maintained in an incubator at 37°C with 5% CO₂ and 95% humidity, creating a controlled environment for experiments. Two methods were used to assess cytotoxicity. The first was the direct contact method, in which Balb/3T3 cells were placed in sterile six-well plates and allowed to adhere for a period of 24 hours. Samples of basaltic material were then placed directly onto the cell monolayer and incubated for an additional 24 hours. The indirect MTT assay, involved the preparation of extracts of basaltic material in sterile medium. The extracts were made in accordance with ISO 10993-12:2009 at a ratio of 2 g of material per 10 ml of medium, but converted using 0.5 g of material per 2.5 ml of medium. These extracts were then introduced into L929 fibroblasts seeded in 96-well plates. Control cells were cultured in medium without the addition of the extract. Cells were incubated with different concentrations of extracts (100%, 50%, 25% and 12.5%) for 24 hours. After incubation, MTT solution was applied to assess the metabolic activity of the cells.

The results indicate that basalt materials, regardless of their form (rods, meshes, fibres), show good biocompatibility and structural stability, making them promising candidates for biomedical applications. The low cytotoxicity observed for thin and long fibres in the direct contact method suggests the need to carefully consider their specific applications, especially in direct contact with tissues.

Wykład 8

POLIHIDROKSYALKANIANY, MODYFIKOWANE CZĄSTKI POCHODZĄCE Z ICH DEKOMPOZYCJI, JAK I BAZUJĄCE NA NICH KOMPOZYTY JAKO NOWE ŹRÓDŁO MATERIAŁÓW DO PRODUKCJI RUSZTOWAŃ DO REGENERACJI TKANEK MIĘKKICH ORAZ KOŚCI

Katarzyna Haraźna¹, Kamila Lis^{1,2}, Sonia Bujok³, Annabelle T. Fricker⁴, Caroline S. Taylor⁴, Ipsita Roy⁴, Maciej Guzik³, Agnieszka Sobczak-Kupiec¹

¹ *Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;*

e-mail: katarzyna.harazna@pk.edu.pl;

² *Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;*

³ *Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk, Niezapominajek 8, 30-239 Kraków, Polska;*

⁴ *Wydział Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet w Sheffield, Sheffield S3 7HQ, Wielka Brytania.*

Polihidroksyalkaniany (PHA), należą do grupy biodegradowalnych biopoliestrów, które mogą być akumulowane przez liczne bakterie w postaci wewnątrzkomórkowych granulek. Polimery te są syntetyzowane w niekorzystnych dla bakterii warunkach, z różnych źródeł węgla, m.in. z cukrów, czy kwasów tłuszczowych. Ze względu na brak toksyczności względem komórek ssaków, tkanek i płynów ustrojowych, polimery te są biokompatybilne. W rezultacie mogą znaleźć zastosowanie w różnych gałęziach medycyny. Ponadto, ze względu na ich biodegradowalność, PHA są idealnymi zamiennikami polimerów, których synteza wymaga użycia syntetycznych półproduktów.

Praca koncentruje się na zaprezentowaniu możliwości aplikacyjnych PHA, modyfikowanych lekami produktów ich degradacji (oligomerów) oraz kompozytów o osnowie sporządzonej na PHA jako materiałów do zastosowań w różnych gałęziach medycyny. Trójwymiarowe rusztowania sporządzone z poli(3-hidroksyoktanianu) (P(3HO)) zawierające oligomery modyfikowane diklofenakiem i gentamycyną, sporządzone techniką łączącą odlewanie rozpuszczalnika z wymywaniem porogenu (SCPL) zostaną zademonstrowane jako materiały do regeneracji przewlekłych schorzeń skóry. Z kolei pianki wykonane z P(3HO) modyfikowanego diklofenakiem techniką zostaną przedstawione jako materiały do regeneracji tkanek miękkich tj. ścięgna, czy naczynia krwionośne. Dla materiałów sporządzonych z P(3HO) zawierające oligomery modyfikowane betametazonem i gentamycyną zostanie potwierdzony potencjał ich zastosowania w regeneracji tkanki nerwowej. W trakcie prezentacji zostaną również przedstawione prace przedstawiające potencjał zastosowania kompozytów bazujących na P(3HO) oraz poli(3-hidroksymaślanie) (P(3HB)) w regeneracji tkanki kostnej oraz nerwowej. Jako napełniacz do sporządzania kompozytów wykorzystano modyfikowane związkami aktywnymi (kurkuma, kannabinadiol) dwuwymiarowe nanomateriały z grupy podwójnych warstwowych hydroksydów (LDH) oraz MXene.

Podziękowania:

Badania zostały częściowo sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki, Polska, nr. DEC-2024/08/X/ST11/00571, Katarzyna Haraźna dziękuje Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej oraz Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za uzyskane stypendia w ramach Projektu im. Iwanowskiej (PPN/IWA/2019/1/00228/U/00001) oraz Programu Start dla Wybitnych Młodych Naukowców (START 022.2024).

Wykład 9

**INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE FIRMY SHIMADZU Z WYKORZYSTANIEM
REOMETRU KAPILARNEGO DO POMIARÓW TERMICZNYCH I PŁYNNOŚCI
WYMAGAJĄCYCH MATERIAŁÓW**

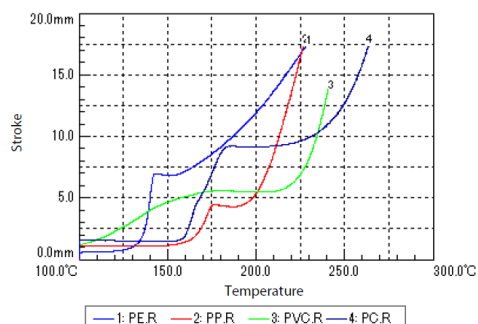
Jan Podgórski¹

¹Przedstawiciel naukowy, firmy Shim-Pol, E. Borzymowska-Reszka A. Reszka Spółka Jawna,
ul. Kochanowskiego 49A, 01-864 Warszawa, e-mail: janp@shim-pol.pl

Zaawansowane materiały, które są opracowywane do zastosowań w bioinżynierii, wymagają właściwego zrozumienia właściwości termicznych i płynięcia. Właściwości te są szczególnie ważne w produkcji, wytłaczaniu i działaniu produktu końcowego. Testy reometryczne tych materiałów mogą stanowić wyzwanie przy użyciu konwencjonalnych technik. Firma Shimadzu oferuje rozwiązanie w postaci przepływomierza z serii CFT-EX, który jest reometrem kapilarnym typu ekstruzyjnego o stałej sile testowej. Materiały takie jak żywice termoutwardzalne, tworzywa sztuczne do ogólnego zastosowania, kompozyty, ceramika, kompozyty metalowo-polimerowe i proszki metali stosowane do formowania wtryskowego można łatwo ocenić pod kątem właściwości termicznych i lepkości. Reometr kapilarny typu ekstruzyjnego może być zatem wykorzystywany w fazie badań i rozwoju, a także kontroli jakości w produkcji biomateriałów.



Rys. 1. Reometr kapilarny z serii CFT-EX firmy Shimadzu



Rys. 2. Wykres skokowo-temperaturowy: polietylen, polipropylen, polichlorek winylu i poliwęglan

Słowa kluczowe: właściwości termiczne, lepkość, tworzywa sztuczne, kompozyty metalowo-polimerowe, kompozyty ceramiczne, proszki do ekstruzji, biomateriały, bioinżynieria

Wykład 10

COVALENT GRAFTING OF BIOMIMETIC MOLECULES ON TITANIA NANOTUBE ARRAYS: AN APPROACH TO MITIGATE BACTERIAL ADHESION AND IMPROVE THE ANTIBACTERIAL EFFICACY OF TITANIUM IMPLANTS

Ketul Popat^{a,*}

^a Department of Bioengineering, George Mason University, Fairfax VA 22030, USA

*e-mail: kpopat@gmu.edu

Implanted medical devices often face the challenge of infections, which can compromise their successful integration and use. To address this issue, this study demonstrates the covalent grafting of a tannin-based antimicrobial biopolymer tanfloc (TAN) and self-assembling dipeptide N-fluorenylmethyloxycarbonyl-diphenylalanine (Fmoc-FF) onto the titania nanotube arrays (TiNTs) surface to enhance antibacterial properties. Due to its polyphenolic and ionic structural configuration, tanfloc possesses unique properties that enable it to interact with and disrupt bacterial cell walls and membranes [1]. Fmoc-FF peptides, in conjugation with TiNT, can inhibit biofilm formation, eradicate pre-existing biofilms, and kill bacteria. Combining the topographical effect of TiNTs with the inherent antibacterial properties of tanfloc and Fmoc-FF peptide, this approach aims to mitigate bacterial threats on medical implants effectively. The successful attachment of tanfloc and Fmoc-FF on TiNTs was confirmed through X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). The antibacterial and antibiofilm efficacy of the tanfloc- and Fmoc-FF-functionalized TiNTs was evaluated against *Staphylococcus aureus* (Gram-positive) and *Pseudomonas aeruginosa* (Gram-negative) bacteria. The findings suggest that the covalent conjugation of tanfloc and Fmoc-FF onto TiNTs is a promising approach to improve the infection resistance of titanium-based medical implants, with potential applications in orthopedic, dental, and other biomedical device areas. A synergistic effect can be achieved by combining the topographical features of TiNTs with the inherent antibacterial characteristics of tanfloc and Fmoc-FF. This synergy can potentially mitigate bacterial threats and prevent bacterial colonization on medical implants, enhancing their safety and efficacy.

Wykład 11

**ŚWIATŁO JAKO KATALIZATOR INNOWACJI: BIOMATERIAŁY INSPIROWANE
NATURĄ, DEDYKOWANE INŻYNIERII TKANKOWEJ**

Sylwester Domański, Agnieszka Zakrzewska, Marta Klak, Michał Wszola
Polbionica S.A.

Współczesna inżynieria tkankowa wymaga nowoczesnych rozwiązań łączących zaawansowane metody syntetyczne z inspiracją czerpaną z natury. Jednym z kluczowych aspektów projektowania biomateriałów jest wykorzystanie światła jako narzędzia precyzyjnej modyfikacji ich struktury i funkcji. Fotochemiczne strategie umożliwiają kontrolowaną polimeryzację oraz sieciowanie materiałów, co otwiera nowe możliwości w tworzeniu konstruktów, bionicznych narządów oraz do innych zastosowań biomedycznych.

Naturalne polimery stanowią idealny budulec dla inżynierii tkankowej, ze względu na ich wysoką biokompatybilność i zdolność do wspierania wzrostu komórek. Bazowanie na strukturach inspirowanych naturą przybliża nas do stworzenia materiału, który w optymalny sposób imituje naturalne środowisko komórkowe. Jednym z kluczowych wyzwań pozostaje jednak ich efektywne sieciowanie, które często wymaga użycia toksycznych inicjatorów polimeryzacji, ograniczając tym samym ich zastosowanie w biomedycynie.

W naszej strategii eliminujemy ten problem, wykorzystując światło jako jedyny czynnik inicjujący proces sieciowania. Opracowany przez nas materiał zawiera w swojej strukturze aktywne grupy funkcyjne, które umożliwiają sieciowanie w wyniku wspomaganej światłem reakcji cykloaddycji [2+2]. Dzięki temu proces ten odbywa się bez potrzeby stosowania dodatkowych inicjatorów, co sprawia, że uzyskane biomateriały są w pełni bezpieczne dla komórek. Jednocześnie ich właściwości można precyzyjnie dostosować do specyficznych wymagań inżynierii tkankowej.

Nasze podejście otwiera nowe perspektywy w projektowaniu biomateriałów, umożliwiając tworzenie bardziej zrównoważonych i efektywnych platform dla zastosowań regeneracyjnych.

Wykład 12

**DESIGN AND CHARACTERIZATION OF MULTIFUNCTIONAL PLATFORMS
BASED ON METALLIC NANOPARTICLES-DECORATED ALGINATE CAPSULES
FOR THERANOSTICS**

Patrycja Domalik-Pyzik, Ewelina Szlęzak, Malwina Furgała

AGH University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Biomaterials and Composites: pdomalik@agh.edu.pl

Ovarian cancer ranks as the fifth most prevalent cancer among women, with a five-year survival rate of less than 50%. It is associated with a high mortality rate—the highest within the field of gynecologic oncology—alongside a poor clinical prognosis and significant social implications. A contributing factor to this challenging outlook is that over 70% of diagnoses occur at an advanced stage of the disease. Additionally, while patients often initially respond to standard treatments, which include cytoreductive surgery and platinum-based chemotherapy, up to 80% ultimately develop resistance to platinum therapy, severely restricting treatment options upon recurrence [1, 2]. This situation highlights the need for comprehensive research into alternative therapeutic approaches, particularly targeted therapies.

The study presented here aims to design, fabricate, and characterize advanced particles intended for future theranostic agents. Hollow alginate capsules were prepared using calcium carbonate particles as sacrificial templates. The calcium carbonate cores were synthesized through a straightforward reaction between sodium carbonate and calcium chloride, performed under sonication, resulting in predominantly round, porous vaterite phase particles with an average diameter of $1.074 \pm 0.182 \mu\text{m}$. These cores were subsequently coated with a sodium alginate solution, and then removed, yielding hollow polymer capsules. Moreover, during cores removal, the capsules were decorated with silver and copper nanoparticles, thus creating multifunctional platforms. A comprehensive characterization was conducted, which included microstructural analysis, structural determination through FTIR and XRD, chemical composition assessment, size distribution evaluation, and chemical stability testing. Also, initial biological examination was done in the *in vitro* conditions. The resulting materials, particularly the silver alginate capsules, demonstrate potential for theranostic applications and are currently undergoing further development and assessment.

References

- [1] A. Levy, *et al.* ChemMedChem. 2019, 14, 21, 1810-1827.
- [2] M. Kluz-Barłowska, *et al.* Scientific Reports, 2024, 14, 11025

Acknowledgements

This study was funded by the National Science Centre in Poland under the project „Theranostic nanoplatforms for therapy and diagnostics of ovarian cancer - preliminary studies”, no 2024/08/X/ST11/01187.

Wykład 13

THE ROLE OF KERATINOCYTES IN THE MODULATION OF INFLAMMATION UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS USED IN COSMETOLOGY

Anna Ścisłowska-Czarnecka, Renata Woźniacka, Agnieszka Lechowska-Liszka

Department of Applied Cosmetology, Academy of Physical Culture, Krakow, Poland

Keratinocytes are epidermal cells that, when activated, for example, by skin damage, synthesize and secrete a number of mediators characteristic of immune system cells. As a result, although they are not classic immunocompetent cells, they play a key role in the inflammatory response and repair processes in the skin. The most important cytokines secreted by keratinocytes include interleukins (IL-1, IL-6, IL-8 and IL-12), tumor necrosis factor (TNF- α) and growth factors (TGF- α and TGF- β , EGF). Interleukins enable the recruitment of immune cells (neutrophils, macrophages, lymphocytes) to the site of inflammation, while growth factors stimulate the proliferation and differentiation of cells adjacent to keratinocytes. Stimulated keratinocytes also secrete proteolytic enzymes, including: metalloproteinases 2 and 9 (MMP-2, MMP-9), which by breaking down the basement membranes of blood vessels enable leukocyte migration and are also involved in the reconstruction of extracellular matrix components. Keratinocytes themselves, thanks to the presence of receptors for inflammatory mediators, can also respond to stimuli from immune system cells. Proper functioning of keratinocytes plays a key role in the effective healing process of damaged skin. Disturbances in their activity can lead to delayed reepithelialization, prolonged inflammation and the formation of difficult-to-heal wounds, thus increasing the risk of chronic tissue damage and complications in the form of skin discoloration or scarring.

The use of physical treatments, such as magnetostimulation, LED therapy or laser therapy, in the process of skin regeneration after cosmetic procedures that disrupt its continuity can provide significant support for natural repair mechanisms. *In vitro studies* have shown, among other things, that these factors have anti-inflammatory effects, reducing the level of pro-inflammatory cytokines secreted by keratinocytes, such as IL-1 and TNF- α , and oxidative stress of cells. The use of physical factors can contribute to the acceleration of healing processes and modulation of the inflammatory response, which consequently leads to better therapeutic and aesthetic effects. However, further research is necessary, especially in the scope of the mechanisms underlying these processes.

Wykład 14

HYDROGEL BIOACTIVE WOUND DRESSINGS MODIFIED WITH SUBSTANCES OF NATURAL ORIGIN – OBTAINING AND ASSESSING THE PROPERTIES

Anna Morawska-Chochół^{1*}, Aleksandra Moździerz¹, Laetitia Skalla²

¹ AGH University of Krakow, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Biomaterials and Composites, 30-059 Kraków, Poland, * morawska@agh.edu.pl

² University of Applied Sciences Vienna, FH Technikum - Tissue Engineering and Regenerative Medicine, 1200 Vienna, Austria

The study concerns hydrogel dressings intended for the treatment of hard-to-heal skin wounds. Healing of wounds complicated by concomitant diseases is extremely complex and requires support of regenerative processes, and often prevention of inflammation and bacterial infections [1]. The composition of the dressing proposed in this study is based on substances of natural origin, such as alginate, hyaluronic acid, rutin and allyl disulfide (from garlic), which play a significant role in biological processes. In recent years, the importance of natural compounds for medical applications has been growing due to their extremely attractive properties, such as anti-inflammatory, antioxidant and even anti-cancer properties, and often also stimulate proper regenerative processes [2, 3]. Rutin and allyl disulfide represent such properties and were applied in this work. In addition, conventional cross-linking with calcium chloride and cross-linking with a solution of calcium chloride and zinc sulphate were used. This approach allowed dressings to deliver of zinc ions into wound and thus prevent bacterial infections. The aim of the study was to evaluate the influence of additives and cross-linking of hydrogels on the basic properties of dressings, such as mechanical properties, ability to retain moisture, swelling ability, structural and microstructural parameters, and degradation rate. The results are extremely promising and give the possibilities to the development of a new generation of bioactive wound dressings. The obtained materials were characterized by satisfactory mechanical and microstructure parameters, and hydrolytic stability. The low rate of water evaporation indicates that the dressings are effective in maintaining a moist environment, which is important for proper wound healing. The possibility of dressings to delivering of biologically active agents can support tissue regeneration. In addition, studies indicate the release of zinc ions, which is beneficial in the application context, as zinc would prevent wound infections due to its antibacterial properties.

Acknowledgement:

This work was supported from the subsidy of the Ministry of Education and Science for the AGH University of Krakow (Project No 16.16.160.557).

References:

- [1] G. Polverino, F. Russo, F. D'Andrea, J. Clin. Med. 2024, 13, 2488.
- [2] M. Naseeb, E. Albajri, A. Almasaudi, et al. Metformin-Controlled Diabetes in Rats. 2024, 13, 9(30), 32394.
- [3] M. Alhashim, J. Lombardo, Dermatologic Surgery. 2018, 44(5), 630-634.

Wykład 15

3D PRINTING FOR THE PRODUCE OF PERSONALIZED METALLIC AND POLYMERIC IMPLANTS

Gabriela Wielgus, Wojciech Kajzer, Anita Kajzer

Department of Biomaterials and Medical Devices Engineering, Faculty of Biomedical Engineering, Silesian University of Technology, Roosevelta 40 Street, 41-800 Zabrze, Poland; e-mail: gabriela.wielgus@polsl.pl, wojciech.kajzer@polsl.pl, anita.kajzer@polsl.pl

The presentation will discuss the potential for the application of additive manufacturing in medicine, with a particular focus on their role in the manufacture of personalized implants. The application of advanced materials such as 3D printer filaments and metallic powders is also presented. The scope of the paper is to analyze the impact of 3D printing technology on the development of personalized orthopedic implants, while considering the advantages and disadvantages of the materials used. The processes involved in 3D printing technology are characterized in detail, pointing out key properties of PEEK (polyether ether ketone), such as biocompatibility, permeability to X-rays and a good mechanical properties and Ti6Al4V alloy valued for its high strength and resistance to pitting corrosion. Additionally, the entire technological process of creating a personalized implant was also characterized [1-7].

3D printing is playing an increasingly important role in the development of regenerative as well as implant medicine, which can contribute to a significant improvement in the quality of life of patients and the effectiveness of treatment in many areas of medicine.

References:

- [1] Zhai, Y.; Zhang, H.; Wang, J.; Zhao, D. "Research progress of metal-based additive manufacturing in medical implants" *Rev. Adv. Mater. Sci.* 2023, 62.
- [2] Mehboob, H.; Tarlochan, F.; Mehboob, A.; Chang, S.-H.; Ramesh, S.; Harun, W.S.W.; Kadirgama, K. "A novel design, analysis and 3D printing of Ti-6Al-4V alloy bio-inspired porous femoral stem". *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2020, 31, pp.1–14.
- [3] Christensen, A. Chapter 1—"An Abbreviated History of Medical 3D Printing. In *3D Printing for the Radiologist*"; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2022, pp. 1–10.
- [4] Kajzer, W.; Wielgus, G.; Kajzer, A. "Mechanical and Physicochemical Properties of Ti6Al4V Alloy After Plastic Working and 3D Printing Intended for Orthopedics Implants". *Applied Sciences*, 2024, pp. 1-3.
- [5] Paramasivam, V.; Sindhu Singh, G.; Santhanakrishnan, S. "3D Printing of Human Anatomical Models for Preoperative Surgical Planning". *Procedia Manuf.* 2020, 48, pp. 684–690.
- [6] Meng, M.; Wang, J.; Huang, H.; Liu, X.; Zhang, J.; Li, Z. "3D printing metal implants in orthopedic surgery: Methods, applications and future prospects". *J. Orthop. Transl.* 2023, 42, pp. 94–112
- [7] Wang, L.; Yang, C.; Sun, C.; Yan, X.; He, J.; Shi, C.; Liu, C.; L, D.; Jiang, T.; Huang, L. „Fused Deposition Modeling PEEK Implants for Personalized Surgical Application: From Clinical Need to Biofabrication". *Int J Bioprint.* 2022, pp.1-3.

Wykład 16

MIKROCZĄSTKI WĘGLANU WAPNIA Z DODATKIEM MAGNEZU MODYFIKOWANE HEPARYNĄ I TINZAPARYNĄ

Zuzanna Pawlak-Likus¹, Patrycja Domalik-Pyzik²

¹ Katedra Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30; zpawlak@agh.edu.pl

² Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30; pdomalik@agh.edu.pl

Mikrocząstki na bazie węglanu wapnia (CaCO_3) cieszą się dużą popularnością w zastosowaniach biomedycznych ze względu na łatwość ich otrzymywania, biokompatybilność, porowatość oraz zdolność do inkorporacji substancji aktywnych [1]. Magnez odgrywa kluczową rolę w regeneracji tkanki kostnej, a także wspomaga procesy związane z tworzeniem się nowych naczyń krwionośnych [2]. Heparyna, oprócz swoich właściwości przeciwzakrzepowych, wpływa na adhezję i proliferację komórek, wiązanie białek oraz angiogenezę [3]. Zarówno heparyna, jak i jej niskocząsteczkowa forma – tinzaparyna, wykazują korzystny wpływ na wzrost i adhezję komórek kostnych, a także mogą modulować tworzenie się nowych naczyń krwionośnych [4], [5]. W niniejszym badaniu podjęto syntezę oraz charakterystykę mikrocząstek CaCO_3 z dodatkiem magnezu (Mg), modyfikowanych heparyną (HP) oraz tinzaparyną (TP).

Cząstki otrzymywano na drodze reakcji równomolowych roztworów Na_2CO_3 i CaCl_2 , które mieszano albo na mieszadle magnetycznym, albo ultradźwiękowo. Układy podstawione Mg w ilości 10%, 20% i 50% otrzymano zamieniając odpowiednią część CaCl_2 na MgCl_2 . Analiza SEM ujawniła znaczący wpływ sposobu mieszania na rozmiar otrzymywanych cząstek oraz różnice w morfologii wynikające z dodatku Mg. Dalej, w badaniach FTIR i XRD potwierdzono różnice strukturalne. Do dalszych badań wybrano mikrocząstki CaCO_3 oraz $\text{Ca}_{10}\text{MgCO}_3$, które zmodyfikowano poprzez wprowadzenie heparyny lub tinzaparyny. Przeprowadzono ocenę właściwości fizykochemicznych i zaplanowano wstępną ocenę biologiczną wybranych układów. Badania są prowadzone w kierunku otrzymania systemów korzystnych z punktu widzenia możliwości regeneracji tkanki kostnej.

Bibliografia

- [1] D. Volodkin, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 207, 1, pp. 306–324, 2014, doi: 10.1016/j.cis.2014.04.001.
- [2] H. Qin *et al.*, *Biol. Trace Elem. Res.*, 201, 6, pp. 2823–2842, 2023, doi: 10.1007/s12011-022-03364-7.
- [3] D. L. Rabenstein, *Nat. Prod. Rep.*, vol. 19, no. 3, pp. 312–331, 2002, doi: 10.1039/b100916h.
- [4] U. Freudenberg *et al.*, *J. Control. Release*, vol. 220, pp. 79–88, 2015, doi: 10.1016/j.jconrel.2015.10.028.
- [5] A. M. Ferreira, *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8, 44, pp. 29923–29932, 2016, doi: 10.1021/acsami.6b09241.

Podziękowania

Praca została wykonana w ramach środków finansowych przeznaczonych na działalność statutową Akademii Górniczo-Hutniczej, Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki (16.16.160.557). Dr. Timothy E.L. Douglas i Prof. Alan M. Smith otrzymują podziękowania za przekazanie heparyny i tinzaparyny do badań.

Wykład 17

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF THE SYSTEM:
METALLIC IMPLANT/OXIDE INTERLAYER/HYDROXYAPATITE**

Michalina Ehlert¹, Aleksandra Radtke^{2,3}, Tomasz Jędrzejewski⁴, Katarzyna Roszek⁴, Michał Bartmański⁵, Piotr Piszczek^{2,3}

¹*Centre for Modern Interdisciplinary Technologies, Nicolaus Copernicus University in Toruń, 87-100 Toruń, Poland, michalina.kolodziejczak@gmail.com*

²*Department of Inorganic and Coordination Chemistry, Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University in Toruń, 87-100 Toruń, Poland*

³*Nano-implant Ltd., 87-100 Toruń, Poland*

⁴*Faculty of Biological and Veterinary Sciences, Nicolaus Copernicus University in Toruń, 87-100 Toruń, Poland*

⁵*Faculty of Mechanical Engineering and Ship Technology, Gdańsk University of Technology, 80-233 Gdańsk, Poland*

Development in various areas of our daily life, including medicine, involves the extensive use of new technologies. An example of this is implantology, which is developing at a noticeably high pace and requires the use of more complex and multifunctional materials to allow the restoration of tissue function. In order to achieve a durable implant bone connection, materials are sought that, in addition to appropriate physicochemical, mechanical as well as tribological properties, will stimulate and accelerate bone tissue regeneration and stimulate osteogenic cells. Among the materials used in the production of, for example, orthopedic and dental implants, metallic materials play a particular role [1-5].

Our research focused on modifying the surface of Ti6Al4V alloy implants that can be produced using i.a. 3D technology. It was assumed that the main outcome of the carried out research would be the preparation a prototype of dental and orthopedic implants, which would have an active layer to promote bone regeneration, suitable for subsequent application of a stem cell rich fraction. The stated purpose was achieved in two stages of the research. In the first stage, surface modifications of Ti6Al4V alloy samples were carried out, leading to titanium oxides with different morphology, structure and mechanical and biological properties [1-3]. In the second stage, highly biocompatible oxide nanolayers were used as intermediate layers (ILs) and fabricated Ti6Al4V/IL/HA systems. The intermediate layers were the link between the hydroxyapatite coating and the Ti6Al4V alloy substrate [4-5]. Their aim was to improve the bonding strength between the metallic substrate and the hydroxyapatite coating while maintaining the relevant physicochemical and biological properties of the system. The study presents the physicochemical, mechanical and biological characterisation of TiO₂/titanate nanolayers. Hydroxyapatite coated systems were characterised in terms of their physicochemical as well as mechanical properties, and then the biological activity of selected systems was evaluated.

The result of the research is the development of a method for the two stage modification (TNT5/HA) of a Ti6Al4V alloy implant, which represents an innovative solution ready to be used in the production of a new generation of dental and orthopedic implants.

References:

- [1] M. Ehlert, et al., Titania Nanofiber Scaffolds with Enhanced Biointegration Activity—Preliminary *In Vitro* Studies. *International Journal of Molecular Sciences* 2019, 20, 5642.
- [2] M. Ehlert, et al., In Vitro Studies on Nanoporous, Nanotubular and Nanosponge–Like Titania Coatings, with the Use of Adipose–Derived Stem Cells. *Materials* 2020, 13, E1574.
- [3] M. Ehlert, et al., Assessment of Titanate Nanolayers in Terms of Their Physicochemical and Biological Properties. *Materials* 2021, 14, 806.
- [4] M. Ehlert, et al., Evaluation of the Cathodic Electrodeposition Effectiveness of the Hydroxyapatite Layer Used in Surface Modification of Ti6Al4V–Based Biomaterials. *Materials* 2022, 15, 6925.
- [5] M. Ehlert, et al., TiO₂/HA and Titanate/HA Double Layer Coatings on Ti6Al4V Surface and Their Influence on In Vitro Cell Growth and Osteogenic Potential. *Journal of Functional Biomaterials* 2022, 13, 271.

Wykład 18

**ALGINATE-BASED HYDROGELS FOR MAGNETICALLY
CONTROLLED ORAL DELIVERY OF BIOACTIVE COMPOUNDS
TO THE INTESTINES**

Aleksandra Lisowska¹, Patrycja Domalik-Pyzik²

¹AGH University of Krakow, Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Biomedical Engineering; amklisowska@student.agh.edu.pl

²AGH University of Krakow, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Biomaterials and Composites; pdomalik@agh.edu.pl

The human gastrointestinal tract hosts a diverse microbiome that plays a crucial role in overall health. Disruptions in gut microbiota composition have been linked to gastrointestinal disorders, impaired drug metabolism, and immune dysfunction [1]. Effective oral delivery systems for bioactive compounds, such as probiotics and prebiotics, are essential for modulating the microbiome [2]. However, these systems face challenges such as gastric acid degradation and limited targeting capabilities [3]. Magnetically controlled hydrogels offer a promising solution by enhancing the precision of bioactive compound delivery through the application of an external magnetic field, allowing for more targeted substance transport to the intestines [4]. This study aimed to design, fabricate, and evaluate hydrogel-based carriers for the controlled oral delivery of bioactive compounds to the intestines. First, iron oxide nanoparticles (NPs) were synthesized. Next, distinct hydrogel matrices were developed using sodium alginate (NaAlg; Eurogum Bang&Bonsomer) matrix and various modifications: amino acid L-glutamine, two different probiotics: Sanprobi IBS and Sanprobi Barrier, and finally magnetic NPs. The hydrogels were characterized in terms of structural integrity, resistance to simulated gastric acid, and, in the case of Fe₃O₄-modified matrices, superparamagnetic properties. The results demonstrated that the hydrogel carriers exhibited high acid resistance and structural stability, meeting key criteria for oral drug delivery. Notably, Fe₃O₄-modified hydrogels displayed superparamagnetic behavior, suggesting potential applications in magnetically guided drug delivery. These findings highlight the versatility of hydrogel systems in overcoming gastrointestinal delivery challenges. Future research should focus on optimizing the magnetic control of hydrogel carriers, investigating their behavior in intestinal environments, and expanding encapsulation strategies for additional bioactive compounds [5]. Advancements in these areas will further enhance the potential of hydrogel-based platforms for targeted, effective, and innovative therapeutic applications.

References:

- [1] G. A. Ogunrinola, et al. *Int. J. Microbiol.*, vol. 2020, p. 8045646, Jun. 2020, doi: 10.1155/2020/8045646.
- [2] P. Hemarajata and J. Versalovic, *Ther. Adv. Gastroenterol.*, 6, 1, 39, 2013, doi: 10.1177/1756283X12459294.
- [3] J. Lou et al., *Pharmaceutics*, vol. 15, no. 2, Feb. 2023, doi: 10.3390/pharmaceutics15020484.
- [4] N. F. Attia et al., *Appl. Surf. Sci. Adv.*, vol. 11, p. 100284, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.apsadv.2022.100284.
- [5] Z. Zhou, et al., *Mol. Pharm.*, 14, 12, pp. 4132–4144, 2017, doi: 10.1021/acs.molpharmaceut.7b00354.

Acknowledgements

This study was supported by the subsidy (No 16.16.160.557) for the AGH University of Krakow. Waldemar Tokarz, PhD (Department of Solid State Physics, Faculty of Physics and Applied Computer Science, AGH University of Krakow) is kindly acknowledged for vibrating sample magnetometry (VSM) measurements and Eurogum Poland Sp. z o.o. for their generous support in providing the sodium alginate powder.

Wykład 19

**NANOSTRUCTURED AGAR MATS FOR APPLICATION IN THE CLEANING AND
DISINFECTION OF SENSITIVE SURFACES**

Simone Pettineo, Marina Alloisio, Maila Castellano, Silvia Vicini

Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genoa, Genoa 16146, Italy
simone.pettineo@edu.unige.it

Cleaning and disinfection are critical procedures in the restoration of Cultural Heritage, as they are often irreversible and have a significant impact on the long-term conservation of artworks. Traditional cleaning methods can be invasive and difficult to control, leading to the need for innovative, non-destructive alternatives. This study explores the use of Agar, a natural polysaccharide extracted from red algae of the *Gracilariales* and *Gelidiales* orders [1], as a key component in the development of nanostructured cleaning and disinfection materials. Agar has been widely employed in Cultural Heritage conservation due to its gelling properties, biocompatibility, and ability to form stable hydrogels that enable controlled cleaning but leaving residues. However, its potential in nanofiber-based cleaning applications remains unexplored. Here, we report the fabrication of ready-to-use electrospun mats composed of Agar nanofibers, produced through electrospinning—a cost-effective and versatile technique that utilizes a high electric field to generate ultrafine fibers [2]. The resulting nanostructured mats exhibit high porosity, a large surface-to-volume ratio, and the ability to retain and release solvents in a controlled manner. Moreover, the electrospinning process enables the incorporation of functional fillers, nanostructures, and bioactive agents, further enhancing the cleaning and antimicrobial properties of the mats [3]. Agar/poly(ethylene oxide) (PEO) solutions were prepared at three different concentrations (30:70, 50:50, and 70:30 ratios) and characterized through rheological and spectroscopic analyses to evaluate viscosity and polymer interactions. The electrospun mats were then analysed using Field-Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) and mechanical testing. To enhance their antimicrobial functionality, agar-based mats were further modified with gold and silver nanoparticles, synthesized in situ through a green bottom-up approach that eliminates the need for chemical reducing agents. The incorporation of these noble metal nanoparticles imparts antibacterial and antifungal properties [4], making the nanocomposite mats suitable for disinfection and biofilm prevention in Cultural Heritage. This research demonstrates, for the first time, the successful fabrication of Agar nanofibers (with average diameters ranging from 85 to 260 nm, depending on the Agar/PEO ratio) for cleaning and disinfection applications.

References:

- [1] M. Bertasa, A. Dodero, M. Alloisio, S. Vicini, C. Riedo, A. Sansonetti, D. Scalarone, M. Castellano, Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties, *European Polymer Journal*, 123, 2020, 109442.
- [2] J. Xue, T. Wu, Y. Dai, Y. Xia, Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications, *Chemical Reviews*, 119, 2019, 5298–5415.
- [3] E. Diep, J.D. Schiffman, Electrospinning Living Bacteria: a review of applications from agriculture to health care, *ACS Applied Biomaterials*, 6,3, 2023, 951-964.
- [4] M. Castellano, M. Alloisio, R. Darawish, A. Dodero, S. Vicini, Electrospun composite mats with embedded silver nanoparticles: Synthesis and characterization, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137, 2019, 767-778.

Wykład 20

BIOAKTYWNE SZKŁO ZAWIERAJĄCE JONY CYNKU JAKO NOŚNIK 6-MERKAPTOPURYNY

Natalia Pyra, Mariusz Sandomierski*, Marcel Jakubowski, Adam Voelkel

Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zakład Chemii Organicznej, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

**e-mail: natalia.pyra@student.put.poznan.pl*

Celem pracy była synteza bioaktywnego szkła domieszkowanego jonami cynku oraz wykorzystanie otrzymanego materiału jako nośnik dla 6-merkaptopuryny. Lek ten zmaga się z licznymi ograniczeniami związanymi z niską biodostępnością oraz krótkim czasem połowicznego rozpadu [1]. W celu przezwyciężenia wad konwencjonalnych systemów terapeutycznych dla 6-merkaptopuryny, zsyntezowano wspomniany wyżej nośnik oraz zmodyfikowano jego powierzchnię domieszkując materiał jonami cynku [2]. Bioaktywne szkło jest biozgodnym materiałem szeroko stosowanym do tej pory w inżynierii tkankowej [3]. Wykazuje potencjał w zastosowaniu jako system dostarczania leków. Natomiast, jony cynku oprócz dobrze znanych właściwości antybakteryjnych, posiadają także właściwości antyoksydacyjne, co determinuje ich przeciwnowotworowy charakter [4].

W początkowej fazie badań skupiono się na scharakteryzowaniu morfologii, rozmiaru oraz powierzchni otrzymanych cząstek. W kolejnym etapie przeprowadzono analizę pierwiastkową powierzchni uzyskanego materiału. Analiza ta informuje o rozdystrybuowaniu pierwiastków w próbce. Ważnym aspektem było sprawdzenie obecności i rozmieszczenia jonów cynku na powierzchni materiału i w jego porach. To właśnie dzięki tym jonom proces sorpcji zachodzi skutecznie. Dzieje się tak ze względu na utworzenie wiązań koordynacyjnych między atomem siarki, obecnym w strukturze leku, a jonem cynku. Równomierne rozmieszczenie jonów cynku łączy się z równomiernym rozmieszczeniem leku w próbce. Gwarantuje to regularne dawkowanie 6-merkaptopuryny z każdej objętości nośnika. Jest to ważne dla efektywności terapii oraz bezpieczeństwa pacjenta. W następnej części zanalizowano skuteczność zdolności zatrzymania leku przez nośnik. Natomiast, w celu zbadania profilu uwalniania, proces monitorowano w środowisku kwasowym, mającym imitować otoczenie raka oraz w warunkach neutralnych, takich jakie panują w płynach ustrojowych człowieka otaczających zdrowe komórki. Zakres ten pozwala wyjaśnić w jaki sposób pH stymuluje uwalnianie leku. Dla warunków kwasowych osiągnięto szybkie uwalnianie. Natomiast uwalnianie w pH obojętnym trwa zdecydowanie dłużej, co pozwala zminimalizować problem krótkiego okresu połowicznego rozpadu leku.

Podsumowując, przeprowadzone badania potwierdziły potencjał zsyntezowanego systemu dostarczania 6-merkaptopuryny w postaci bioaktywnego szkła domieszkowanego jonami cynku. Nośnik może być wykorzystywany w celowanej terapii przeciwnowotworowej, zapewniając zwiększony efekt terapeutyczny, komfort oraz bezpieczeństwo pacjenta.

Źródła:

[1] K. Schmiegelow, S. N. Nielsen, T. L. Frandsen, J. Nersting. Mercaptopurine/Methotrexate maintenance therapy of childhood acute lymphoblastic leukemia: clinical facts and fiction. 2014, 36, 503-517.

- [2] Z. Neščáková, K. Zheng, L. Liverani, Q. Nawaz, D. Galusková, H. Kaňková, M. Michálek, D. Galusek, A. R. Boccaccini. Multifunctional zinc ion doped sol – gel derived mesoporous bioactive glass nanoparticles for biomedical applications. 2019, 4, 312-321.
- [3] S. Gupta, S. Majumdar, S. Krishnamurthy. Bioactive glass: A multifunctional delivery system. 2021, 335, 481-497
- [4] M. I. Costa, B. S. Lapa, J. Jorge, R. Alves, I. M. Carreira, A. B. Sarmento-Ribeiro, A. C. Gonçalves. Zinc Prevents DNA Damage in Normal Cells but Shows Genotoxic and Cytotoxic Effects in Acute Myeloid Leukemia Cells. 2022, 23, 2567

POSTERY

Poster 1

OCENA WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH MASY PERŁOWEJ

Sara Bednarska*, Marta Kamińska, Witold Jakubowski, Anna Sobczyk – Guzenda

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

** e-mail: sara.bednarska@dokt.p.lodz.pl, dbednarska@interia.pl*

Masa perłowa jest niezwykle ciekawym materiałem pochodzenia naturalnego. Posiada szereg korzystnych właściwości wykorzystywanych w medycynie i kosmetologii. Składa się z części nieorganicznej, węglanu wapnia w postaci aragonitu oraz części organicznej, konchioliny, czyli białkowego biopolimeru, który ściśle spaja ze sobą heksagonalne płytki wapienne [1,2,3].

W ramach niniejszej pracy została opracowana metoda obróbki pozwalająca na rozdrobnieniu pereł i macierzy perłowej do postaci pudru, proszku i masy perłowej. Otrzymane materiały poddano analizie cytotoksyczności testem MTT na komórkach kościotwórczych Saos-2, co pozwoliło określić stopień ich biokompatybilności. Następnie wykonano badania bakteriobójczości z wykorzystaniem szczepu bakterii *Streptococcus mutans*. Dodatkowo w pracy przeanalizowano ich skład fazowy używając dyfrakcji rentgenowskiej (XRD).

Badania na komórkach Saos-2 wykazały brak efektu cytotoksyczności w przypadku pudru i proszku perłowego. Analiza bakteriobójczości wykonana względem szczepu *Streptococcus mutans* dowiodła, że najlepsze wyniki otrzymano dla proszku perłowego o wielkości cząstek 0,025 mm oraz 0,05 mm, dla których śmiertelność komórek wynosiła odpowiednio 36% i 34%. Badanie dyfrakcji rentgenowskiej wykazało, że we wszystkich badanych materiałach znajduje się aragonit, tylko w pudrze perłowym wykryto dodatkowo nieznaczную ilość kalcytu. Podsumowując, najbardziej obiecujące zastosowanie medyczne wykazuje proszek perłowy, w porównaniu do masy perłowej oraz pudru perłowego.

Piśmiennictwo

[1] W. Łapot: *Perły: Przewodnik gemmologa*. LabGem, Sosnowiec 2005

[2] X. J. Loh, D. J. Young, H. Guo, L. Tang, Y. Wu, G. Zhang, C. Tang, H. Ruan: *Pearl Powder—An Emerging Material for Biomedical Applications: A Review*. Materials (Basel), 2021 Jun; 14(11): 2797.

[3] Ishizaki, Shoichiro: *Identification and characterization of the antibacterial substances from pearl oyster Pinctada fucata by bacterial inoculation and nuclei implantation*. Tokyo University of Marine Science and Technology (2017)

Poster 2

THE WETTABILITY OF THE SURFACE OF CALCIUM PHOSPHATE COATINGS

Joanna Białoń

Lukasiewicz Research Network - Krakow Institute of Technology, Centre of Materials and Manufacturing Technologies,

*Cracow University of Technology, CUT Doctoral School, Faculty of Materials Engineering and Physics,
joanna.bialon@kit.lukasiewicz.gov.pl*

The wettability of the surface of calcium phosphate coatings on magnesium-based biomaterials is important in the context of their medical applications, especially in the fields of implantology and tissue regeneration. Magnesium is a promising material for implants due to its biocompatibility and biodegradability properties, but its natural surface is relatively non-wettable, which can limit interactions with cells and affect healing processes [1]. Calcium phosphate coatings, due to their similarity to natural bone minerals, are often used to improve the surface properties of biomaterials and also to promote bone tissue regeneration [2-3].

The aim of this study was to evaluate the effect of calcium phosphate coatings on the surface wettability of a magnesium biomaterial. The study includes the measurement of the wetting angle and the analysis of the surface structure of the coatings prepared by the sol-gel method [4-5]. The results show that calcium phosphate coating significantly improves the wettability of the magnesium surface, which promotes better cell adhesion and enhances bone tissue deposition processes. The increased wettability of the coating surface also leads to improved interaction of the material with the biological microenvironment. The results obtained provide a basis for further research into the optimisation of calcium phosphate coatings on magnesium biomaterials, which may contribute to the development of more advanced medical implants.

This paper is based on the research results obtained as part of the 6th edition of the Implementation Doctorate project funded by the Ministry of Education and Science within the research results developed as part of the grand number 5020/50 funded by the Ministry of Education and Science.

References:

- [1] Herber V. et al., Bioresorbable Magnesium-Based Alloys as Novel Biomaterials in Oral Bone Regeneration: General Review and Clinical Perspectives, *Journal of Clinical Medicine*, 2021, 10, 1842
- [2] Manivasagam V. K. et al., Surface-modified WE43 magnesium alloys for reduced degradation and superior biocompatibility, *In vitro models* 2022, 1, 273-288
- [3] Parande G. et al., Magnesium- β -Tricalcium Phosphate Composites as a Potential Orthopedic Implant: A Mechanical/Damping/Immersion Perspective, *Metals* 2018, 8, 343
- [4] Waqar M. A. et al., Sol-gel for delivery of molecules, its method of preparation and recent applications in medicine, *Polymer-Plastics Technology and Materials* 2024, 63, 12, 1564-1581
- [5] Bokow D. et al., Nanomaterial by Sol-Gel Method: Synthesis and Application, *Advances Materials Science and Engineering* 2021, 1-21

Poster 3

**INVESTIGATION OF THREE-DIMENSIONAL CHITOSAN-BASED SCAFFOLDS
ENRICHED WITH BIOACTIVE PIGMENT**

Patrycja Brudzyńska, Alina Sionkowska

Department of Biomaterials and Cosmetic Chemistry, Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Gagarina 7, 87-100 Toruń, Poland
e-mail: patrycja.brudzyńska@umk.pl

Chitosan, well-known for its wound healing and antibacterial properties, is eagerly used in biomedical and cosmetic applications as it can be prepared in multiple forms such as hydrogels, thin films, membranes, nanoparticles, scaffolds, foams, solutions or fibers. This polysaccharide is obtained by partial deacetylation of chitin, in an alkaline environment. One of the main sources of chitin are exoskeletons of crustaceans and insects. This biopolymer is soluble in acidic pH, mainly in citric, lactic or acetic acid solutions. Chitosan, a polycationic compound, is able to create complexes with anionic polyelectrolytes. This biopolymer can effectively be applied as a component of numerous biomaterials consisting of polymer blends [1].

Nowadays to improve physicochemical and biological properties of chitosan-based materials in terms of their cosmetic or biomedical applications bioactive compounds are added. One of them can be bioactive pigments characterized by antioxidant and antimicrobial properties. Among quinone pigments alizarin, a red anthraquinone dye naturally found in madder roots, can be distinguished. Alizarin possesses antioxidant and antimicrobial activity, as well as provides ultraviolet protection [2].

The aim of the study was to prepare three-dimensional chitosan scaffolds enriched with two concentrations of selected bioactive pigment i.e. alizarin. Chitosan was dissolved in the acetic acid solution and subsequently, appropriate amounts of alizarin were added. Solutions were frozen and scaffolds were obtained by freeze drying process. Physicochemical characterization of prepared materials was performed. To investigate their properties swelling analysis in pH 5.5 and 7.4, mechanical testing, and thermogravimetric analysis were done. Moreover, scanning electron microscopy (SEM) and infrared spectroscopy (FTIR) techniques were used. Results indicated that alizarin addition influenced chitosan scaffolds properties.

References:

1. Kulka, K.; Sionkowska, A. Chitosan Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. *Molecules* 2023, 28, 1817.
2. Do, K.L.; Mushtaq, A.; Zhao, F.; Su, M. Alizarin old and new: Extraction techniques for coloration, advances in detection methods for historical textiles and novel applications as a functional dye. *Coloration Technology* 2024, 140(1): 5-29.

Poster 4

POLYSILOXANE-BASED COATINGS WITH BACTERICIDAL ADDITIVES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Rukudzo Chihota*, Witold Kaczorowski, Jacek Grabarczyk, Aleksandra Jastrzębska, Anna Sobczyk-Guzenda*

Institute of Materials Science and Engineering, Lodz University of Technology, 1/15 Stefanowskiego St., 90-924 Lodz, Poland;

Correspondence: rukudzo26@outlook.com, anna.sobczyk-guzenda@p.lodz.pl

Abstract

Polymers are widely used in biomedical applications due to their versatility. They offer valuable properties, including serving as matrixes for bioactive compounds like bactericidal agents, which may not adhere well to metal surfaces. Elastomers, in particular, have emerged as effective coatings for such applications [1]. This study examines the effect of both natural and synthetic additives of different concentrations to the polysiloxane matrix in order to obtain bactericidal composites. Natural additives such as turmeric were compared with silver, a well-known antiseptic, and with graphene, which has potential bactericidal properties. The research included the production of polysiloxane composites with the above-mentioned additives in the form of coatings, and then a series of tests were carried out on them to not only assess their bactericidal properties, but also to determine their effect on physicochemical properties such as chemical structure, surface wettability, roughness and surface morphology. Based on the obtained results, the most promising composite recipes were selected, and a batch of coatings were produced from them on a super-smooth substrate, which had been previously cleaned using a plasma-chemical method. The obtained results indicated that all obtained composites were characterized by high bactericidal activity, with turmeric exhibiting the highest bactericidal effect. The conducted studies also showed a significant effect of the introduced additives on the mechanical properties of the polysiloxane matrix, including graphene, which improved the hardness of the composites. Plasma-chemical modification of the substrates increased the adhesion of the tested coatings to them. This research undertook a broad approach to developing bactericidal polymer coatings using additives from different material groups, explaining their mechanisms through an assessment of physicochemical properties.

References:

[1] Yoda, R.: Elastomers for biomedical applications. J Biomater Sci Polym Ed. 9, 561–626 (1998). <https://doi.org/10.1163/156856298X00046>

Poster 5

**EKSTRAKTY Z BAZYLI (OCIMUM BASILICUM) Z HODOWLI
IN VITRO ORAZ IN VIVO JAKO POTENCJALNE SUROWCE KOSMETYCZNE**

mgr inż. Anna Dzik¹, anna.dziki@doktorant.pk.edu.pl,

dr hab. inż. Magdalena Malinowska prof. PK¹,
prof. dr hab. Agnieszka Szopa²,
dr n. farm. Małgorzata Miazga-Karska³,
dr n. farm. Katarzyna Klimek prof. UM³,
dr hab. inż. Elżbieta Sikora prof. PK¹

¹Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

² Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Botaniki Farmaceutycznej, ul. Medyczna 9, 30-688 Kraków

³ Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Biochemii i Biotechnologii, ul. Chodźki 1, 20-093 Lublin

Bazylija (*Ocimum basilicum*) jest bogatym źródłem biologicznie aktywnych związków, takich jak flawonoidy, kwasy fenolowe i olejki eteryczne, które wykazują działanie przeciwutleniające i przeciwbakteryjne [1, 2]. Hodowla roślin *in vitro* pozwala na kontrolowaną produkcję surowców roślinnych o jednorodnym składzie i zwiększonej zawartości metabolitów wtórnych, co czyni ją niezwykle ważnym narzędziem w pozyskiwaniu naturalnych substancji aktywnych [3]. Z kolei hodowla *in vivo*, czyli w naturalnych warunkach środowiskowych, może skutkować większą zmiennością składu chemicznego roślin, wynikającą z wpływu czynników zewnętrznych, takich jak gleba, światło i temperatura [4].

Celem badań była ocena właściwości ekstraktów bazylii pozyskanych z roślin hodowanych w warunkach *in vitro* (BIVR) oraz *in vivo* (BIVV), pod kątem ich potencjalnego zastosowania w kosmetykach. Przeprowadzono analizę porównawczą aktywności biologicznej ekstraktów, oceniając ich zdolność antyoksydacyjną przy użyciu metod z rodnikiem DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl), FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) oraz z kationorodnikiem ABTS (2,2'-azobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian) i właściwościami chelatującymi. Do określenia całkowitej zawartości flawonoidów zastosowano metodę Folina-Ciocalteu. Ponadto, zbadano zdolność ekstraktów do hamowania aktywności enzymów odpowiedzialnych za proces starzenia się skóry (tyrozynazy i kolagenazy) oraz ich działanie przeciwdrobnoustrojowe wobec szczepów bakterii, takich jak *Cutibacterium acnes*, *Cutibacterium acnes*, *Propionibacterium acnes*. Dodatkowo, przeprowadzono ocenę cytotoksyczności ekstraktów w stosunku do fibroblastów skóry.

Otrzymane wyniki badań wykazały, że ekstrakty z bazylii hodowanej w warunkach *in vivo* charakteryzują się wyższą aktywnością antyoksydacyjną w testach DPPH i ABTS, podczas gdy w teście FRAP lepsze wyniki uzyskały ekstrakty z hodowli *in vitro*. Wyższa zdolność chelatowania

charakteryzowała ekstrakty BIVR, natomiast ekstrakty BIVV wykazały wyższą zdolność hamowania aktywności enzymów tyrozynazy i kolagenazy. Wyniki oznaczania MIC (minimalne stężenie hamujące) oraz MBC (minimalne stężenie bakteriobójcze) potwierdziły aktywność mikrobiologiczną badanych ekstraktów wobec bakterii Gram-dodatnich, przy czym wartości MBC były takie same dla obu rodzajów ekstraktów, natomiast wartość MIC była mniejsza w przypadku ekstraktów pozyskanych z roślin hodowanych w warunkach *in vivo*. Badania na fibroblastach skóry wskazały minimalny wpływ na ich żywotność, co potwierdza bezpieczeństwo stosowania otrzymanych ekstraktów w preparatach kosmetycznych. Właściwości antyoksydacyjne, chelatujące oraz aktywność przeciwdrobnoustrojowa otrzymanych ekstraktów wskazują, na potencjalne możliwości ich zastosowania w kosmetykach do pielęgnacji cery trądzikowej.

References:

- [1] Backiam A., Duraisamy S., Karupaiya P., Balakrishnan S., Sathyan A., Kumarasamy A., Raju A. Analysis of the main bioactive compounds from *Ocimum basilicum* for their antimicrobial and antioxidant activity. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 2023, 70, pp. 2038 - 2051.
- [2] R. Kumar, A. K. Singh, A. Gupta, A. Bishayee, and A. K. Pandey, Therapeutic potential of Aloe vera—A miracle gift of nature. *Phytomedicine*, 2019, 60 pp. 2–3.
- [3] Cardoso J., De Oliveira M., & Cardoso F. Advances and challenges on the *in vitro* production of secondary metabolites from medicinal plants. *Horticultura Brasileira*. 2019
- [4] Isah T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*, 2019, 52.

Poster 6

HEART RATE CHANGES UNDER HOLTER MONITORING IN DOGS TREATED WITH HYPERBARIC OXYGEN CHAMBER

Szymon Graczyk¹, Arkadiusz Grzeczka¹, Dorota Zyśko², Urszula Paślawska¹

1 - Institute of Veterinary Medicine, Nicolaus Copernicus University, ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

2 - Department of Procedural Clinical Science, Faculty of Medicine, Wrocław University of Sciences and Technology, ul. Hoene-Wrońskiego 13 c, 58-376 Wrocław

3 - Department of Diagnostic and Clinical Sciences, Institute of Veterinary Medicine, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń.

Over the past few years, hyperbaric oxygen treatment (HBOT) has gained more and more clinical applications in both human and veterinary medicine. The most common indications for therapy are ischemic events, decompression sickness, wound healing or high risk of reperfusion events. It has been pointed out that during an ongoing session, there are changes in cardiovascular physiology, namely the baroreceptor reflex which results in increased systemic blood pressure, decreased heart rate and consequently decreased cardiac stroke volume. In addition, there is increased tension on the vagus nerve which drives the whole process. Nevertheless, during mitral valve degenerative disease (MMVD) in dogs, there is a strong activation of the sympathetic nervous system, as well as an increase in heart rate and myocardial contraction, which could counteract the effects of hyperbaric chamber conditions on cardiovascular outcomes in dogs. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of a single HBOT at 1.5 ATA under 100% oxygenation on the heart rate and rhythm in dogs with different health statuses. The individuals were divided into three groups: (1) individuals with MMVD (2) individuals with the diseases of the skeletal system, and (3) healthy individuals qualified for the HBOT procedure. The ECG recording was divided into four periods: (1) a 30 min recording before the start of the procedure, (2) 4 min of pressure increase in the chamber (compression), i.e., achieving appropriate atmospheric and oxygen conditions, (3) HBOT treatment lasting 90 min, and (4) 1 min decompression of the hyperbaric chamber. Heart rate and potential arrhythmias were assessed. The chamber had a built-in window that allowed the patient's condition and reactions to be monitored in the event of adverse reactions. The dogs were observed continuously during compression and decompression, during which the risk of adverse effects is greatest. During a 90-min session in the hyperbaric chamber, the dogs were observed five times (every 15 min) for 30 s. Thirty-four dogs with different health statuses were enrolled in the study. It was indicated that the heart rate, significantly differed in groups 1 and 2 between period 1 and 3, while no such changes were observed in group 3. This study showed that HBOT treatment leads to significant changes in heart rate, as manifested by bradycardia in healthy individuals as well as in those with non-cardiovascular diseases. In addition, it is indicated, in dogs with MMVD, HBOT therapy does not result in changes in heart rate, potentially indicating and confirming the strong tonus of the sympathetic nervous system in this disease.

Poster 7

**THE IMPORTANCE OF HYDROXYAPATITE ON THE SURFACE OF
BIODEGRADABLE BONE IMPLANTS**

Marlena Grodzicka, Michalina Ehlert, Aleksandra Radtke

Nicolaus Copernicus University in Torun, marlena.grodzicka@yahoo.com

One of the key aspects of designing biodegradable implants is to ensure their effective integration into the surrounding bone tissue. In order to accelerate the bone regeneration process in the initial stages of implantation, various techniques are used to modify the surface of the implants to enhance their bioactivity. This is particularly important for temporary implants, which need to perform their function for a specific period of time before they biodegrade and be replaced by new bone tissue. [1] One of the most effective methods to improve the bioactivity of biodegradable implants is to coat their surface with a layer of hydroxyapatite (HAp). Hydroxyapatite, due to its high biocompatibility and osteoconductivity, promotes bone cell adhesion and accelerates the osseointegration process. [2] Its chemical structure resembles the natural mineral substance occurring in bone, which makes it an ideal material for orthopaedic and dental applications. [3]

In the present study, the effect of a hydroxyapatite layer on a biodegradable scaffold was analysed. Particular attention was paid to the structural, chemical and mechanical properties of the resulting coatings, deposited by the cathodic deposition process. The study used scanning electron microscopy (SEM) to analyse the surface morphology and infrared spectroscopy (FTIR) to determine the functional groups present in the resulting coatings. Furthermore, an analysis of the Ca:P ratio, which is crucial for the stability and bioactivity of the film, was performed. The effect of the presence of the hydroxyapatite layer on the degradation rate of the scaffold was also investigated, which is a key aspect in terms of controlling the dissolution rate of implants in the body.

References:

- [1] Y. Zhao et al, Porous hydroxyapatite scaffold orchestrated with bioactive coatings for rapid bone repair, *Biomaterials Advances*, 144, 2023
- [2] S. Dorozhkin, Bioceramics of calcium orthophosphates, *Biomaterials*, 31,7, 2010
- [3] M. Sadat-Shojai et al, Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures, *Acta Biomaterialia*, 9, 2013

Poster 8

**CHEMICZNIE MODYFIKOWANE POLISACHARYDY JAKO BAZA DO
WYTWARZANIA KOMPOZYTÓW PRZEZNACZONYCH DO REGENERACJI
UBYTKÓW TKANKI KOSTNO-CHRZĘSTNEJ**

Katarzyna Harażna¹, Kamila Lis^{1,2}, Dominika Trager¹, Karina Niziołek^{1,2}, Dagmara Słota^{1,2},
Bożena Tyliszczak¹, Agnieszka Sobczak-Kupiec¹

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;

e-mail: katarzyna.harazna@pk.edu.pl;

² Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;

Tkanka kostno-chrząstka charakteryzuje się złożoną strukturą – górna warstwa stanowi chrząstkę szklaną (stawową); środkowa – zwapniałą chrząstkę; natomiast dolna – kość podchrząstną. Urazy tkanki kostno-chrząstnej często koegzystują z zmianami nie tylko chrząstki i kości podchrząstnej, ale również kości gąbczastej. Mogą być one wywoływane nie tylko przez urazy, ale również przez różne zmiany chorobowe, bądź mogą wystąpić jako naturalny rezultat starzenia się. Ich występowanie powiązane jest ze wzrostem stężenia czynników zapalnych tj. interleukiny 1 β (IL-1 β), IL-6, jak również czynnik martwicy nowotworów α (TNF- α). Podczas wzmożonego stanu zapalnego zazwyczaj dochodzi do degradacji kolagenu II (COL II), z którego zbudowana jest głównie warstwa chrząstki stawowej. W wyniku tego następuje aktywacja osteoklastów, co ma wpływ na obniżenie możliwości gojenia się kości [1].

Problemy związane z regeneracją uszkodzeń tkanek kostno-chrząstnych mogą być wyeliminowane dzięki interdyscyplinarnym podejściom inżynierii tkankowej. Projektowane i wytwarzane zgodnie z jej zasadami rusztowania mogą pomóc w wyeliminowaniu problemów związanych z trudnymi w leczeniu uszkodzeniami tkanek kostno-chrząstnych [1].

W niniejszej pracy zostanie przedstawiona charakterystyka fizykochemiczna, strukturalna, morfologiczna i biologiczna materiałów sporządzonych z modyfikowanych chemicznie polisacharydów, białek oraz fosforanów wapnia. Przeprowadzenie tak szeroko zakrojonych badań potwierdziło wstępną możliwość zastosowania wytworzonych materiałów w regeneracji warstwy kości podchrząstnej. Jednakże konieczne jest przeprowadzenie szerszej charakterystyki biologicznej, przede wszystkim na modelu zwierzęcym w warunkach *in vivo*.

References:

[1] Novotná, R.; Franková, J. Materials Suitable for Osteochondral Regeneration. *ACS Omega* 2024, 9, 30097–30108.

Podziękowania:

Project “Hierarchical approaches for osteochondral tissue engineering”. This research was funded in whole by National Science Centre, Poland, grant no. UMO-2022/45/B/ST8/02557. K. Harażna dziękuje Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za wsparcie finansowe w ramach stypendium START, Grant nr START 022.2024.

Poster 9

**OCENA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI TLENKOWYCH POWŁOK
CYRKONOWYCH WYTWARZANYCH NA STOPIE TYTANU PO OBRÓBCE
LASEROWEJ**

Mieszko Jarzębowski, Magdalena Jażdżewska

*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk, s190850@student.pg.edu.pl*

Obecnie największą popularnością w implantologii cieszą się stopy tytanu. Wykazują one wysoką biogodność i lepsze właściwości wytrzymałościowe niż czysty tytan. Stosowany jest stop tytanu Ti-13Nb-13Zr, który charakteryzuje się wysoką odpornością na korozję i odpowiednimi własnościami mechanicznymi [1]. Cały czas trwają próby podwyższenia jego biokompatybilności [2-4]. Badania prowadzone nad stopem tytanu z niobem i cyrkonem udowodniły celowość stosowania modyfikacji jego powierzchni. Zazwyczaj analizowano wpływ jednego ze sposobów obróbki [2,5]. Dotychczas brakowało prac, które opisywałyby wpływ metalicznych powłok tlenkowych osadzanych na laserowo obrobionym stopie tytanu. Teoretycznie takie połączenie powinno zsumować zalety obu metod. W pracy przedstawiono wyniki wytwarzania tlenkowych powłok cyrkonowych na obrobionej laserowo powierzchni stopu Ti-13Nb-13Zr. Zastosowano dwie różne prędkości przesuwu wiązki lasera (1 mm/s i 6 mm/s) oraz dwie różne wartości napięcia w trwającym 4 minuty, procesie osadzania elektroforetycznego (50 V i 80 V). Takie połączenie umożliwiło uzyskanie czterech różnie modyfikowanych powierzchni badanego materiału. Pozwoliło to na dobór optymalnego zestawu parametrów do obróbki stopu tytanu z niobem i cyrkonem, w celu ich potencjalnego zastosowania w produkcji implantów. Po zakończeniu modyfikacji, oraz pomiędzy poszczególnymi jej etapami, prowadzono obserwacje z zastosowaniem mikroskopii świetlnej, badano zwilżalność oraz analizowano mikrostrukturę próbek z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego wyposażonego w przystawkę do spektroskopii z dyspersją energii. Badania te umożliwiły wskazanie najskuteczniejszego zestawu parametrów jakim było: prędkość przesuwu wiązki lasera 6 mm/s i napięcie 50 V przyłożone na czas 4 minut. Stop modyfikowany tymi parametrami cechował się największą zawartością tlenku cyrkonu na powierzchni oraz najmniejszymi wartościami kąta zwilżania, co jest szczególnie istotne pod kątem stosowania w medycynie implantologicznej.

Bibliografia:

- [1] Kaur M., Singh K.: Review on titanium and titanium based alloys as biomaterials for orthopaedic applications. Materials Science and Engineering: C, Volume 102, September 2019, Pages 844-862, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.04.064>
- [2] Jażdżewska M., Majkowska-Marzec B., Ostrowski R., Olive J.-M.: Influence of Surface Laser Treatment on Mechanical Properties and Residual Stresses of Titanium and its Alloys. Advances in Science and Technology Research Journal 2023, 17(6), 27–38, <https://doi.org/10.12913/22998624/172981>
- [3] Sypniewska J., Szkodo M., Majkowska-Marzec B., Mielewczyk-Gryn A. D.: Exploring the composition and corrosion resistance in hybrid-modified Ti13Nb13Zr alloy. MRS Communications, October 2024, <https://doi.org/10.1557/s43579-024-00663-z>
- [4] Boccaccini A. R., Keim S., Ma R., Li Y., and Zhitomirsky I.: Electrophoretic deposition of biomaterials. Journal of the Royal Society Interface, vol. 7, no. SUPPL. 5. Royal Society, October 06 2010, <https://doi.org/10.1098/rsif.2010.0156.focus>
- [5] Oleshko O., Husak Y., Kornienko V., Pshenychnyi R. et al.: Biocompatibility and Antibacterial Properties of ZnO-Incorporated Anodic Oxide Coatings on TiZrNb Alloy. Nanomaterials 10(12):2401, November 2020, DOI: 10.3390/nano10122401

Poster 10

**WPLYW MODYFIKACJI STOPU TYTANU BIOAKTYWNĄ CERAMIKĄ
HYDROKSYAPATYTOWĄ NA ICH WŁAŚCIWOŚCI W ŚRODOWISKACH
BIOLOGICZNYCH**

Edyta Kosińska¹, Julia Sadlik¹, Agnieszka Tomala²

¹*Department of Materials Science, CUT Doctoral School, Faculty of Materials Engineering and Physics, Cracow University of Technology, Krakow, Poland,*

²*Department of Materials Science, Faculty of Materials Engineering and Physics, Cracow University of Technology, Krakow, Poland,*
edyta.kosinska@doktorant.pk.edu.pl

W ostatnich latach stop tytanu Ti6Al4V znalazł szerokie zastosowanie w medycynie, szczególnie w inżynierii tkankowej i implantologii. Posiada on wiele właściwości, które są wymagane podczas projektowania implantów, takie jak wysoka wytrzymałość mechaniczna czy biokompatybilność [1]. Pomimo wielu zalet materiały wytworzone ze stopów tytanu nie są w stanie, w sposób zadawalający integrować się z tkanką kostną. Poprawa właściwości biologicznych projektowanego implantu jest możliwa poprzez wprowadzenie do układu bioaktywnej ceramiki, takiej jak hydroksyapatyt (HAp). Jest on jednym z najpopularniejszych apatytów, który ma znaczenie w medycynie oraz implantologii, gdyż stanowi naturalny składnik kości kręgowców oraz wykazuje wysoką biogodność. Zastosowanie go jako implantu samego w sobie jest ryzykowne ze względu na słabe właściwości mechaniczne i dużą kruchość [2]. Z tego względu rozpoczęto poszukiwanie materiałów kompozytowych, w których za właściwości mechaniczne będzie odpowiedzialny tytan, a hydroksyapatyt będzie wprowadzał do układu biogodność.

Kompozyty tytanowo-ceramiczne zostały przygotowane poprzez wykorzystanie metody powder metallurgy, a następnie dobranie odpowiednich warunków spiekania. W celu oceny ich zachowania w warunkach przypominających środowisko fizjologiczne, przeprowadzono badania w płynach inkubacyjnych. Analiza pH pozwoliła na monitorowanie zmian kwasowości otoczenia wokół materiału w trakcie inkubacji, co może świadczyć o reakcjach chemicznych zachodzących na powierzchni materiału. Z kolei pomiary konduktometryczne umożliwiły ocenę przewodnictwa jonowego, co może być wskaźnikiem bioaktywności materiału oraz jego zdolności do interakcji z płynami ustrojowymi. Analizę mikrostrukturalną powierzchni kompozytów przeprowadzono przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM-EDS), aby określić obecność elementów wapnia i fosforu, wskazujących na tworzenie warstw apatytowych.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że modyfikacja stopu tytanu hydroksyapatytem wpływa na jego właściwości fizykochemiczne, szczególnie w kontekście biokompatybilności i integracji z tkanką kostną. Zastosowanie tego typu modyfikacji może przyczynić się do rozwoju lepszych implantów medycznych, które w sposób efektywny będą wpływać na regenerację kości. Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS w programie Weave o numerze rejestracyjnym 2022/47/I/ST8/01778.

References:

- [1] Jimenez-Marcos, C.; Mirza-Rosca, J.C.; Baltatu, M.S.; Vizureanu, P. Experimental Research on New Developed Titanium Alloys for Biomedical Applications. *Bioengineering* **2022**, *9*, 686.
- [2] Fiume, E.; Magnaterra, G.; Rahdar, A.; Verné, E.; Bairo, F. Hydroxyapatite for Biomedical Applications: A Short Overview. *Ceramics* **2021**, *4*, 542-563.

Poster 11

BIOAKTYWNE KOMPOZYTY NA BAZIE CHITOZANU DO ZASTOSOWAŃ W STOMATOLOGII

Aleksandra Koźlenko, Sara Bednarska, Marta Kamińska, Krzysztof Jastrzębski,
Anna Sobczyk-Guzenda

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, 90-537 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15
e-mail: olcia kozlenko@gmail.com

Naturalne biopolimery zyskują coraz większe zainteresowanie w biomedycynie ze względu na ich biokompatybilność i szerokie spektrum zastosowań. Chitozan pozyskiwany z chityny wykazuje wiele pożądanych właściwości, takich jak biodegradowalność, odpowiednie właściwości mechaniczne, morfologię i porowatość czy nietoksyczność [1]. Jest wykorzystywany w inżynierii tkankowej kości jako składnik kompozytowy ze względu na swoje strukturalne podobieństwo do macierzy pozakomórkowej tkanki kostnej oraz wysoką podatność na modyfikacje chemiczne [2].

Celem niniejszej pracy było opracowanie metody otrzymywania biokompozytów chitozan-masa perłowa do zastosowań w stomatologii. Otrzymano hydrożele o różnych zawartościach masy perłowej (5, 10, 15, 20, 25, 50 %mas.) wraz z wykorzystaniem proszku o gradacjach cząstek proszku: 100, 75, 50 oraz 25 μm . Do sieciowania chitozanu zastosowano dwa środki sieciujące – β -glicerofosforan sodu oraz trójpolifosforan sodu, z czego pierwszy wykazał lepsze właściwości i został wybrany do dalszych badań. Charakterystyka hydrożeli obejmowała badania właściwości mechanicznych (statyczna próba na ściskanie), analizę morfologii powierzchni, analizę struktury chemicznej z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) oraz oceniono stopień dyspersji masy perłowej w matrycy polimerowej za pomocą spektroskopii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS). Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują, że masa perłowa wpływa na właściwości mechaniczne jak i fizykochemiczne matrycy chitozanowej, w zależności od użytej frakcji proszku. Najlepsze właściwości spełniał proszek o najniższej wielkości cząstek wynoszącej 25 μm . Uzyskane wyniki pozwoliły na porównanie właściwości opracowanych hydrożeli chitozanowych, wpływu zawartości i frakcji masy perłowej, co umożliwiło ich ocenę przydatności do zastosowań biomedycznych oraz optymalizację składu hydrożeli.

References:

- [1] M. Sikora, M. Wiśniewska-Wrona, and M. Arabski, "Biomedical properties of chitosan: Application in tissue engineering," *Postepy Hig Med Dosw*, no. 75.1, pp. 1020–1037, 2021.
- [2] A. Przekora, K. Pałka, B. Macherzyńska, and G. Ginalska, "Ocena struktury, modułu Younga oraz cytotoksyczności kompozytów na bazie chitozanu," *Engineering of Biomaterials*, no. 15.114, p. 52, 2012.

Poster 12

**PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CHEMICALLY
CROSS-LINKED COLLAGEN FILMS**

Karolina Kulka-Kamińska^{1*}, Patrycja Brudzyńska¹, Alina Sionkowska¹, Katarzyna
Lewandowska¹, Łukasz Piwowarski²

¹ *Department of Biomaterials and Cosmetic Chemistry, Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Gagarina 7, 87-100 Toruń, Poland*

² *SanColl, sp. z o.o. Juliusza Słowackiego 24, 35-060 Rzeszów, Poland*

*e-mail: kkulka@doktorant.umk.pl

Collagen as a biopolymer is a biocompatible, bioactive, and biodegradable material useful in biomedical applications. It is the best-known protein-based material for skin scaffolds and wound dressings [1]. Bovine and porcine skin and bones represent significant sources of collagen [2] however, there is ongoing research into the development of new sources of this biopolymer. In recent times, marine-derived collagen has become a popular and convenient solution [3]. Marine sources offer numerous advantages, including high collagen content, environmental sustainability, minimal biological contamination and toxins, minor regulatory challenges, and low immunogenicity [4]. Collagen is found in a variety of organisms, including fish, jellyfish, sponges, starfish, octopus, and prawn. Of the sources under consideration, fish collagen is the most popular. The extraction of collagen is a process that involves the use of almost every part of the fish, including the skin, bones, fins, and scales.

Pure collagen requires stabilization due to its poor resistance to high temperatures and other external factors [5]. With regard to the enhancement of the physicochemical characteristics of collagen, the cross-linking process can be implemented. There are several methods of collagen cross-linking, including chemical and physical. Glutaraldehyde (GTA), dialdehyde starch (DAS), genipin, EDC-NHS are the most commonly used chemical crosslinking agents.

Glutaraldehyde (GTA) as a cross-linking agent ensures enzymatic and thermal stability, as well as, the mechanical strength of the biomaterial [6]. The utilization of this substance is impeded by its toxicity, thus restricting its application to specific fields. It is essential to employ the optimal concentration of GTA, as this determines the equilibrium between the favorable physicochemical characteristics of the collagen-based material and its minimal toxicity.

In the present study, the impact of glutaraldehyde (GTA) on the properties of fish collagen films was investigated. Two different concentrations of biopolymer were examined, as well as, three different concentrations of additive were implemented. In order to characterize the biopolymer films, a series of tests were carried out. These included infrared spectroscopic analysis, mechanical testing, and swelling measurements.

References:

- [1] E. Davison-Kotler, W.S. Marshall, E. Garcia-Gareta *Bioengineering* 2019, 6, 56.
- [2] A. Leon-Lopez, A. Morales-Penaloza, V.M. Martinez-Juarez, A. Vargas-Torres, D.I. Zeugolis, G. Alvarez-Aguirre *Molecules* 2019, 24, 4031.
- [3] F.F. Felician , C. Xia, W. Qi, H. Xu *Chem. Biodivers.* 2018, 15, 1700557.
- [4] K.S. Silvipriya, K.K. Kumar, A.R. Bhat, D.B. Kumar, A. John *et al. J. Appl. Pharm. Sci.* 2015, 5, 123-127.
- [5] K. Adamiak, A. Sionkowska *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 161, 550-560.
- [6] M.M. Islam, D.B. AbuSamra, A. Chivu, P. Argueso, C.H. Dohlman *et al. Pharmaceutics* 2021, 13, 832.

Acknowledgments:

Authors acknowledge SanColl company for preparing fish skin collagen for this research. The research was funded by NCBiR (grant number POIR.04.01.04-00-0077/20-00).

Poster 13

WPLYW PROMIENIOWANIA UV NA WŁAŚCIWOŚCI HYDRODYNAMICZNE ROZTWORÓW KOLAGENU RYBIEGO

Katarzyna Lewandowska¹, Alina Sionkowska¹, Marta Szulc¹, Patrycja Brudzyńska¹, Karolina Kulka-Kamińska¹, Łukasz Piwowarski²

¹ Zespół Biomateriałów i Kosmetyków, Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

² SanColl Sp. z o. o., Juliusza Słowackiego 24, 35-060 Rzeszów, Poland

Białka i peptydy, to polimery naturalne szeroko stosowane jako surowce w różnych gałęziach przemysłu tj. przemysł kosmetyczny, farmaceutyczny, spożywczy czy biomedyczny [1]. Kolagen jest przykładem naturalnego białka strukturalnego, które można wyizolować z organizmów żywych np. ryb, ssaków czy ptaków. Ze względu na doskonałą biokompatybilność, słabą antygenowość i kontrolowaną biodegradowalność, kolagen jest podstawowym biomateriałem stosowanym w przemyśle kosmetycznym oraz w inżynierii tkankowej i medycynie regeneracyjnej [2,3]. Nowe materiały oparte na przetwarzaniu kolagenu obejmują roztwory wodne. Zatem istotna jest ocena właściwości hydrodynamicznych w różnych warunkach środowiskowych pod kątem dalszego wykorzystania w tych gałęziach przemysłu. Ponadto, w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie kolagenem pochodzącym z odpadów rybnych przetwarzanych przez przemysł spożywczy i rybny. Odpady rybne, takie jak skóry, łuski i kości, składają się głównie z kolagenu. Kolagen pozyskiwany ze skór rybich w odróżnieniu od kolagenu bydłęcego jest bardziej bezpieczny, gdyż nie niesie ryzyka chorób odzwierzęcych (BSE i TS) i nie jest zakazany ze względów religijnych [4]. To powoduje coraz większe wykorzystanie tego surowca w aplikacjach biomedycznych i kosmetycznych [5].

W prezentowanych badaniach oceniono wpływ promieniowania UV i rozpuszczalnika na właściwości hydrodynamiczne i temperaturę denaturacji roztworów kolagenu rybiego wyizolowanego ze skóry tołpygi białej (Silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*) firmy Sancoll Sp. z o. o.. W celu scharakteryzowania pozyskanego materiału kolagenowego otrzymano roztwory kolagenu w kwasie octowym, kwasie octowym/NaCl i buforze cytrynianowym, a następnie poddano je napromieniowaniu światłem UV (254 nm, 21,5 W/m²) do 1 godziny. Dla roztworów bazowych i po różnych czasach napromieniowania wyznaczono lepkość zredukowaną (η_{sp}/c) roztworów kolagenu w viskozymetrze kapilarnym Ubbelohde'a. Stwierdzono, że stosowane rozpuszczalniki wpływały na zachowanie lepkości, temperaturę denaturacji i stabilność roztworów kolagenu.

Podziękowania: Badania finansowane były ze środków NCBR, numer grantu POIR.04.01.04-00-0077/20-00

Literatura:

- [1] A. Sionkowska, S. Skrzyński, K. Śmiechowski, A. Kołodziejczak Polym. Adv. Technol. **2016**, 28, 4–9.
- [2] S. Zenga, J. Yin, S. Yang, C. Zhang, P. Yang, W. Wu Food Chem. **2012**, 135, 1975–1984.
- [3] A. Sionkowska, K. Lewandowska, K. Adamiak Materials, **2020**, 13, 4453, 1-10.
- [4] K. Lewandowska, M. Szulc, A. Sionkowska Polymers **2021**, 13, 3626, 1-8.
- [5] A. Sionkowska, K. Lewandowska, M. Szulc, P. Brudzyńska, K. Kulka, Ł. Piwowarski Engineering of Biomaterials **2023**, 168, 26, 9-14.

Poster 14

CHARAKTERYSTYKA REOLOGICZNA KOMPOZYTÓW NA BAZIE KARBOSYMETYLOCHITOZANU

Sandra Lewandowska^{*}, Marta Szulc, Katarzyna Lewandowska

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

^{*} e-mail: 302336@stud.umk.pl

W ostatnich latach zauważalny jest wzrost intensywności badań nad tworzeniem nowych materiałów, szczególnie w obszarze biokompozytów polimerowych [1]. Karboksymetylochitozan (CMCh) będący modyfikowaną pochodną chitozanu, charakteryzuje się ulepszonymi właściwościami. Wprowadzona grupa karboksymetylowa wzmacnia właściwości fizykochemiczne i biofizyczne w porównaniu do związku macierzystego, przez co CMCh wykazuje lepszą biodegradowalność, hydrofilowość, biokompatybilność i silne właściwości antybakteryjne. Jego doskonała rozpuszczalność w środowiskach kwasowych, zasadowych i neutralnych znacznie poszerza potencjalne zastosowania w porównaniu do chitozanu. Dzięki tym cechom zyskuje coraz większe znaczenie w badaniach nad kompozytami polimerowymi, co czyni go obiecującym materiałem do zastosowań biomedycznych i kosmetycznych [2,3]. Badania nad reologią kompozytów polimerowych pozwalają na opracowanie materiałów o zamierzonych właściwościach użytkowych i mechanicznych.

Celem prezentowanych badań była ocena właściwości reologicznych i struktury kompozytów biopolimerowych na bazie karboksymetylochitozanu przy różnym dodatku dyspersji wodnej α -chityny i gliceryny. Kompozyty zawierające karboksymetylochitozanu, dyspersję α -chityny i dodatek gliceryny są układami przeznaczonymi do potencjalnych zastosowań kosmetycznych i/lub biomedycznych.

Właściwości karboksymetylochitozanu, dyspersji wodnej α -chityny oraz ich mieszanin zostały wyznaczone za pomocą lepkościomierza rotacyjnego ROTAVISC lo-vi Complete w zakresie temperatur 25°C - 40°C oraz analizy spektroskopii w podczerwieni. Przeprowadzone badania pozwoliły na klasyfikację przygotowanych układów do płynów nienewtonowskich, rozrzedzanych ścinaniem. Uzyskane wyniki wskazują, że wprowadzenie do matrycy karboksychitozanowej wąsów chitynowych w formie dyspersji wodnej wyraźnie modyfikuje właściwości reologiczne badanych kompozytów. Ponadto, obserwowane zmiany są wynikiem wzajemnych oddziaływań pomiędzy składnikami polimerowymi i dodatkami małowcząsteczkowymi.

Literatura

- [1] O. Faruk, A. K. Bledzki, H. P. Fink, M. Sain, Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000 201, Prog. Polym. Sci. 2012, 37, 1552 – 1596.
- [2] L. Upadhyaya, J. Singh, V. Agarwal, R.P. Tewari, Biomedical applications of carboxymethyl chitosans, Carbohydr. Polym. 2013, 91, 452-466.
- [3] Z. Shariatnia, Carboxymethyl chitosan: Properties and biomedical applications, Int. J. Biol. Macromol. 2018, 120, 1406-1419.
- [4] M. Szulc, K. Lewandowska, Molecules 2023, 28, 247, 1-17.
- [5] D. Sahoo, S. Sahoo, P. Mohanty, S. Sasmal, P.L. Nayak, Des. Monomers Polym. 2009, 12, 377-404.

Poster 15

GRADIENTOWE NANOMATERIAŁY DO REGENERACJI TKANKI KOSTNO-CHRZESTNEJ

Kamila Lis^{1,2}, Katarzyna Harażna¹, Dominika Trager¹, Dagmara Słota^{1,2}, Karina Niziołek^{1,2},
Bożena Tyliszczak¹, Agnieszka Sobczak-Kupiec¹

¹ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;

² Politechnika Krakowska, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Katedra Inżynierii Materiałowej, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska;
e-mail: kamila.lis@doktorant.pk.edu.pl;

Schorzenia dotyczące tkanki kostno-chrząstecznej są nadal najczęściej podejmowanymi wyzwaniami dla inżynierii tkankowej (TE). Tkanka kostno-chrząsteczna posiada złożoną hierarchiczną strukturę składającą się z kilku warstw, a mianowicie chrząstki, strefy podchrząstecznej oraz kości. W związku z tym, że zdolności tkanki kostno-chrząstecznej do samonaprawy są ograniczone, a konwencjonalne metody niosą ze sobą wiele skutków ubocznych, chęć opracowania idealnego biomateriału nieustannie rośnie. Projektowane w tym celu trójwymiarowe rusztowania mają za zadanie stworzenie tzw. interfejsu kość-chrząstka, dzięki czemu będą w stanie naśladować tkankę natywną [1]. Rusztowanie powinno charakteryzować się porowatą strukturą, która przyczyni się do lepszej adhezji, proliferacji oraz różnicowania komórek. Równie ważnym parametrem jest wytrzymałość mechaniczna, która powinna być zbliżona do natywnej tkanki. Dodatkowo wzbogacenie materiału o substancje czynne sprawi, iż będzie wykazywał właściwości przeciwpalne i antybakteryjne w miejscu aplikacji. Połączenie bioaktywnej ceramiki z biodegradowalnymi polimerami wydaje się być obiecujące w tej dziedzinie [2].

W niniejszej pracy przedstawiano metody wytwarzania rusztowań składających się z poliestrów oraz fosforanów wapnia, które mogłyby znaleźć zastosowanie w leczeniu defektów tkanki kostno-chrząstecznej powstałych w wyniku różnych schorzeń.

References:

- [1] Chen, R.; Pye, J. S.; Li, J.; Little, C. B.; Li, J. J. Multiphasic Scaffolds for the Repair of Osteochondral Defects: Outcomes of Preclinical Studies. *Bioact Mater* 2023, 27, 505–545. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2023.04.016>.
[2] Peng, Y.; Zhuang, Y.; Liu, Y.; Le, H.; Li, D.; Zhang, M.; Liu, K.; Zhang, Y.; Zuo, J.; Ding, J. Bioinspired Gradient Scaffolds for Osteochondral Tissue Engineering. *Exploration* 2023, 3 (4). <https://doi.org/10.1002/EXP.20210043>.

Podziękowania:

Project “Hierarchical approaches for osteochondral tissue engineering”. This research was funded in whole by National Science Centre, Poland, grant no. UMO-2022/45/B/ST8/02557. K. Harażna dziękuje Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za wsparcie finansowe w ramach stypendium START, Grant nr START 022.2024.

Poster 16

**INNOVATIVE HYDROGELS BASED ON DIALDEHYDE STARCH AND
GLUCOMANNAN ENRICHED WITH ESSENTIAL OILS**

Katarzyna Łęczycka-Wilk*, Ewelina Jakubowska, Brian Kaczmarczyk, Karolina Rolińska

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej imienia Profesora Ignacego Mościckiego
ul. Rydygiera 8, 01-793 Warszawa

*katarzyna.leczycka-wilk@ichp.lukasiewicz.gov.pl

Hydrogels are three-dimensional polymer networks capable of absorbing and retaining large amounts of water while maintaining structural integrity.¹ A wide range of natural polymers, such as collagen, hyaluronic acid, chitosan, and alginate, as well as synthetic materials, including polyvinyl alcohol (PVA), polyethylene glycol (PEG), and polyacrylamide, have been used to synthesize them.² The choice of material significantly affects the properties of hydrogels, such as mechanical strength, flexibility, biodegradability, and biocompatibility.³ Hydrogels can be designed to meet specific biomedical or industrial requirements through different cross-linking methods- chemical and physical.⁴

In the presented study, innovative hydrogels based on dialdehyde starch and glucomannan, enriched with essential oils, were developed. Using these natural components resulted in hydrogels with antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory properties, increasing their potential in applications such as regenerative medicine, wound healing, and controlled drug delivery systems.

By combining natural polymers and active plant ingredients, a sustainable, eco-friendly material with a wide range of biomedical applications was obtained. This study highlights the importance of innovative solutions in the design of hydrogels, which may find future applications in advanced medical and cosmetic technologies while offering ecological benefits.

References:

- [1] Li, W.; Yang, X.; Lai, P.; Shang, L. Smart Medicine 2022, 1 (1), e20220024.
- [2] Kaith, B. S.; Singh, A.; Sharma, A. K.; Sud, D. J Polym Environ 2021, 29 (12), 3827–3841.
- [3] Sanjanwala, D.; Londhe, V.; Trivedi, R.; Bonde, S.; Sawarkar, S.; Kale, V.; Patravale, V. International Journal of Biological Macromolecules 2024, 256, 128488.
- [4] Rahmani, P.; Shojaei, A. Advances in Colloid and Interface Science 2021, 298, 102553.

Poster 17

**BADANIE BIOKOMPOZYTÓW NANOHYDROKSYAPATYTOWYCH O
WŁAŚCIWOŚCIACH ANTYBAKTERYJNYCH W SYMULOWANYM ŚRODOWISKU
PŁYNÓW USTROJOWYCH**

Klaudia Malisz, Beata Świczko-Żurek

*Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
klaudia.malisz@pg.edu.pl, beata.swiczko-zurek@pg.edu.pl*

Adhezja bakterii do powierzchni biomateriałów jest wciąż aktualnym problemem. Przyleganie drobnoustrojów może być regulowane przez wiele czynników, w tym cechy bakterii, właściwości powierzchni (np. chropowatość, zwilżalność) oraz warunki środowiskowe (pH, temperatura), które obejmują interakcje fizykochemiczne, a także molekularne [1]. Najczęstszą przyczyną infekcji okołoprotezowych jest *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), który odpowiada za ponad połowę wszystkich przypadków infekcji dotyczących stawów biodrowych i kolanowych. Ponadto obserwuje się także infekcje związane z *Staphylococcus epidermidis* (*S. epidermidis*), *Escherichia coli* oraz *Pseudomonas aeruginosa* [2]. Infekcje nie stanowią problemu jedynie w ortopedii czy stomatologii. Mogą być również powikłaniem procedur kardiochirurgicznych, choć ich występowanie jest bardzo rzadkie z powodu stosowania sterylnych technik oraz przezskórnego nakłucia tętnicy. Infekcje wewnątrznaczyniowe i sercowe mogą być trudne do zdiagnozowania i mieć tragiczne konsekwencje. W większości przypadków leczenie wymaga długoterminowej terapii antybiotykowej oraz interwencji chirurgicznej [3].

Celem badań jest porównanie właściwości powłok nanohydroksyapatytowych zawierających antybiotyków – gentamycynę lub nanocząstki srebra (AgNPs). Powłoki uzyskano za pomocą metody elektroforetycznego osadzania. Dodatki wprowadzono metodą zanurzeniową. Powłoki zawierające antybiotyków wykazywały właściwości hydrofilowe. Natomiast średnia wartość kąta zwilżenia dla nanohydroksyapatytu domieszkowanego nanocząstkami srebra wzrosła do 120°. Właściwości hydrofobowe powinny hamować przyleganie płytek krwi i poprawić hemokompatybilność materiału. Przeprowadzono badania odporności korozyjnej w symulowanych płynach ustrojowych. Wszystkie modyfikacje nanohydroksyapatytu poprawiły odporność na korozję stopu tytanu, jednak najlepsze wyniki uzyskano dla nanohydroksyapatytu z AgNPs. Dodatkowo najlepszą odporność na korozję zaobserwowano w przypadku nHAp z dodatkiem AgNPs. Powłoki zostały poddane ocenie właściwości antybakteryjnych poprzez umieszczenie ich w roztworze bakteryjnym na 30 dni.

References:

- [1] N. Chik, W.S. Wan Md Zain, A.J. Mohamad, M.Z. Sidek, W.H. Wan Ibrahim, A. Reif, J.H. Rakebrandt, W. Pflöging, X. Liu, Bacterial Adhesion on the Titanium and Stainless-Steel Surfaces Undergone Two Different Treatment Methods: Polishing and Ultrafast Laser Treatment, in: IOP Conf Ser Mater Sci Eng, Institute of Physics Publishing, 2018.
- [2] U. Filipović, R.G. Dahmane, S. Ghannouchi, A. Zore, K. Bohinc, Bacterial adhesion on orthopedic implants, *Adv Colloid Interface Sci.* 2020, 283, 102228.
- [3] J.J. Franco, S.S. Abisse, P. Ruisi, J.D. Abbott, Infectious complications of percutaneous cardiac procedures, *Interv Cardiol (Lond)*. 2014, 6, 445–452

Poster 18

DEVELOPMENT OF TENSILE STRENGTH TESTING METHOD FOR HYDROGEL STRUCTURES

Bartłomiej Mirowski, Krzysztof Gorzela, Natalia Mazurek, Piotr Gajewski, Dorota Bociąga

Lodz University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering – Institute of Materials Science and Engineering: dorota.bociaga@p.lodz.pl

The field of soft tissue engineering is a rapidly developing field, and one that promises biocompatible and personalised implants. In following work special attention was put on developing the testing method which could reliably test the tensile strength of the hydrogel and tissues developed on it. Tensile testing is important and overlooked aspect of hydrogel testing, however, it can provide valuable information on the behaviour of the sample in the pressure-based environment. This type of environment can be associated with bodily fluid acting e.g. on the vessel, ureters, urethra. The following work presents the development process of tensile testing method, starting from qualitative testing on fresh hydrogel samples by use of different approaches: moulds, varied sample shapes and use of adapters [1-3]. The next stage of the process focused on the quantitative testing, where the repeatability of achieved results was investigated on the normative sample shapes [4]. The work also reports on the factors that are important in the sample preparation process. The final part describes the attempts to test the cell culture infused samples and samples that had undergone the degradation process, simulating the conditions necessary for cell growth. The biological aspect of sample preparation is also included, describing challenges, limitations, results and remarks associated with preparation of cell culture infused hydrogel samples.

References:

- [1] Ahearne, M. (2022). Mechanical testing of hydrogels. In H, Li (Ed.) & V, Silberschmidt (Ed.). *The mechanics of hydrogels* (1st ed., pp. 73-90). Sawston, UK: Woodhead Publishing
- [2] Baniyadi, M., & Minary-Jolandan, M. (2015). Alginate-Collagen Fibril Composite Hydrogel. *Materials*, 8(2), 799-814. <https://doi.org/10.3390/ma8020799>
- [3] Ji, D., Im, P., Shin, S., & Kim, J. (2023). Specimen Geometry Effect on Experimental Tensile Mechanical Properties of Tough Hydrogels. *Materials*, 16(2), 785. <https://doi.org/10.3390/ma16020785>
- [4] ASTM D412 Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension, <https://www.astm.org/d0412-16r21.html>

Poster 19

**OTRZYMYWANIE PREPARATÓW KOSMETYCZNYCH ZAWIERAJĄCYCH
SUROWCE Z PESTEK WINOGRON I GRANATU**

Maria Niedbalska, Karolina Kulka-Kamińska, Patrycja Brudzyńska, Alina Sionkowska

Zespół Biomateriałów i Kosmetyków, Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

W ostatnich latach konsumenci coraz częściej decydują się na produkty, które wykorzystują zasoby natury. Znanych jest wiele cennych roślinnych surowców kosmetycznych o właściwościach nawilżających, antyoksydacyjnych, przeciwzapalnych czy antybakteryjnych, które korzystnie wpływają na skórę. Mają one udokumentowane działanie kosmetyczne, ale ze względu na bogactwo świata roślin ciągle poszukiwane są nowe, interesujące surowce mogące znaleźć zastosowanie w kosmetykach. W badaniach wykorzystano cztery surowce kosmetyczne pozyskane z dwóch roślin: winogron i granatu. Zaprojektowano receptury kosmetyków zawierających olej i ekstrakt z pestek winogron oraz olej z pestek granatu i ekstrakt z owocu granatu. W oparciu o recepturę przygotowano emulsje, które następnie przebadano.

W analizie otrzymanych preparatów kosmetycznych skupiono się na różnych aspektach, takich jak analiza parametrów skóry po zastosowaniu emulsji, która została wykonana za pomocą sond tewametry, kolorymetru oraz korneometru, obserwacje wyglądu skóry zarejestrowanej pod mikrokamerką, czy przeprowadzenie oceny sensorycznej. Ponadto w celu określenia jakości użytkowych surowców roślinnych wykonano analizę spektrometryczną ekstraktów metodą ATR-FTIR oraz wyznaczono współczynnik załamania światła.

Badania potwierdziły korzystny wpływ na skórę surowców otrzymywanych z winogron i granatu.

Literatura

A. Kantor, R. Hübner, Zachowania kobiet na rynku kosmetyków naturalnych, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, 2019, nr 379

Poster 20

**DESIGN OF NOVEL HYDROGEL MATERIALS FOR SKIN APPLICATIONS WITH
PROLONGED RELEASE OF THYME OIL**

Katarzyna Noryca, Justyna Kozłowska*

*Nicolaus Copernicus University in Torun, Faculty of Chemistry
Gagarina 7, 87-100 Torun, Poland
justynak@umk.pl

Essential oils are important natural products known for centuries for their various biological properties and medicinal uses. Due to the growing consumer interest in natural products, essential oils have attracted considerable interest recently. Novel studies have demonstrated their various biological activities, including anti-inflammatory, antispasmodic, analgesic, antioxidant, immunomodulatory, psychotropic, antiviral, antidiabetic, anticancer, and significant antibacterial properties.

However, aromatic compounds of essential oils are chemically unstable and susceptible to degradation and evaporation. Encapsulation has emerged as a new alternative to overcome these limitations of essential oil components. This study compared various polymers, such as cyclodextrin, gelatin, starch, and their blends, to prepare thyme oil microcapsules. Developed formulations were investigated in terms of thermal and mechanical stability and efficiency of the encapsulation process.

The aim of this study is to create a suitable polymer matrix for the effective and efficient encapsulation of thyme essential oil. A new formulation is a possibility to promote the use of natural materials, boosting the development and providing new applications for them in the cosmeceutical market.

References:

- [1] B.S. Jugreet, S. Suroowan et al. Trends Food Sci. Tech. 101,89-105 (2020).
- [2] M. Kim, K. Sowndhararajan, S. Kim. Molecules 2022, 27(13), 4251.
- [3] A. Kowalczyk, M. Przychodna, S. Sopata et al. Molecules 2020, 25(18), 4125.
- [4] M. Kfoury, L. Auezova, H. Greige-Gerges et al. Environ. Chem. Lett. 2019, 17, 129–143.

Poster 21

BADANIE WPŁYWU DOMIESZKOWANIA FLUOREM POWŁOK WĘGLOWYCH Z WYKORZYSTANIEM GAZU CF_4 NA ICH WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI

Paweł Petelewicz¹, Anna Jędrzejczak¹

Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

Email: anna.jedrzejczak@p.lodz.pl

Powłoki diamentopodobne (DLC) od wielu lat przyciągają uwagę zarówno przemysłu, jak i ośrodków badawczych na całym świecie. Dzięki różnorodnym metodom wytwarzania, parametrom procesów, rodzajom prekursorów oraz typom i koncentracjom domieszek, możliwe jest uzyskanie powłok DLC o zróżnicowanych właściwościach [1].

W pracy został przedstawiony proces opracowania parametrów syntezy powłok diamentopodobnych metodą RF PECVD [2] domieszkowanych fluorem dla potencjalnych zastosowań w medycynie. Wytworzono sześć różnych typów powłok DLC domieszkowanych fluorem o odmiennych koncentracjach. Zbadano wpływ domieszkowania powłok diamentopodobnych na wybrane właściwości powłok. Wytworzone materiały poddano badaniom: analizie struktury chemicznej za pomocą mikroskopii Ramana, analizie morfologii powierzchni (mikroskop optyczny, elektronowy mikroskop skaningowy - SEM). Ponadto zbadano zwilżalność powierzchni metodą opartą o geometrie kropli z wykorzystaniem goniometru. Dodatkowo wyznaczono swobodą energię powierzchniową z pomiarów jej zwilżalności.

Otrzymane wyniki potwierdziły wpływ zmian parametrów syntezy na właściwości powłok. Dodatkowo zaobserwowano typową morfologię oraz hydrofilowy charakter ich powierzchni. Dokonano wyboru najkorzystniejszego rozwiązania pod względem aplikacji powłok do zastosowań w biomedycynie.

Słowa klucze: biomateriały, powłoki diamentopodobne, metoda RF PECVD

Literatura:

[1] N. Radek, A. Kalinowski, Ł. Orman, M. Szczepaniak, Jacek Świdorski, D. Gontarski, J. Bronček, J. Pietrasze, OPERATIONAL PROPERTIES OF DLC COATINGS AND THEIR POTENTIAL APPLICATION, *Propozycje konferencji METAL 2022*,

[2] J. Kim, S. Jeong, Bongsoo Kim, Seok-Ho Shim, Characterization and preparation of SiO_2 and $SiOF$ films using an RF PECVD technique from $TEOS/O_2$ and $TEOS/O_2/CF_4$ precursors, Publishing Ltd, 2004

Poster 22

POLYMERIC BLEND OF ALGINATE/PVA/L-ARGININE FOR WOUND HEALING APPLICATION

Simone Pettineo¹, Muhammad Tahir², Silvia Vicini¹, Alina Sionkowska²

¹*Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genoa, Genoa 16146, Italy*

²*Department of Biomaterials and Cosmetic Chemistry, Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University, Gagarina 7, 87-100 Toruń, Poland*

simone.pettineo@edu.unige.it

Wound healing is a complex biological process that requires a suitable environment to promote tissue regeneration and prevent infections. In this study, we developed a biopolymeric film composed of polyvinyl alcohol (PVA), sodium alginate (SA), and L-arginine (L-ARG), aiming to create an effective and biocompatible wound dressing material. Sodium alginate (SA) and polyvinyl alcohol (PVA) are widely used in biomedical applications due to their excellent film-forming ability, biocompatibility, and capacity to maintain a moist wound environment [1]. Their combination enhances the resulting material's mechanical strength, flexibility, and biological functionality [2]. SA, a natural polysaccharide derived from brown seaweed, consists of β -D-mannuronic acid (M-block) and α -L-guluronic acid (G-block), known not only for its biocompatibility but also for its hemostatic and anti-inflammatory effects, which contribute to wound healing [3]. PVA, on the other hand, is a hydrophilic, flexible, and non-toxic polymer with excellent gas barrier properties, which helps in moisture retention and oxygen permeability, creating an optimal healing environment [4]. The incorporation of L-arginine, an essential amino acid, further enhances the wound healing potential of the film. L-ARG plays a crucial role in cellular regeneration, collagen synthesis, and tissue repair, while also exhibiting anti-inflammatory properties. Its presence in the film formulation supports the natural healing process by stimulating cell proliferation and modulating inflammatory responses, making it a valuable component for advanced wound care applications [5]. To evaluate the physicochemical and mechanical properties of the developed films, we conducted Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), microscopic analysis, and mechanical testing. These characterizations provided insights into the film's structure, flexibility, and potential performance in biomedical applications.

References:

- [1] M.M. Saraiva, M.D.S Campelo, J.F. Câmara Neto, A.B.M. Lima, G. A. Silva, A.T.F.F. Dias, N.M.P.S Ricardo, D.S. Kaplan, M.N.E.P. Ribeiro, Alginate/polyvinyl alcohol films for wound healing: Advantages and challenges, *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2023, 111, 220-233
- [2-4] M. Yang, L. Li, S. Yu, J. Liu, J. Shi, High performance of alginate/polyvinyl alcohol composite film based on natural original melanin nanoparticles used as food thermal insulating and UV-vis block, *Carbohydr Polym.* 2020 233, 115884.
- [5] K. L. Schneider , N.Yahia, Effectiveness of Arginine Supplementation on Wound Healing in Older Adults in Acute and Chronic Settings: A Systematic Review, *Adv Skin Wound Care*, 2019, 32, 457-462.

Poster 23

STOPY TYTANU MODYFIKOWANE CERAMIKĄ BIOAKTYWNĄ Z POTENCJAŁEM DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

Julia Sadlik, Edyta Kosińska, Agnieszka Tomala

Department of Materials Science, Faculty of Materials Engineering and Physics, Cracow University of Technology, Krakow, Poland

julia.sadlik@doktorant.pk.edu.pl

Stopy tytanu, takie jak Ti6Al4V i Ti13Nb13Zr, odgrywają kluczową rolę w zastosowaniach biomedycznych, szczególnie w implantologii i protetyce, dzięki swoim doskonałym właściwościom mechanicznym, biokompatybilności oraz odporności na korozję. Ti6Al4V to jeden z najczęściej stosowanych stopów tytanu, wyróżniający się wysoką wytrzymałością i dobrą odpornością na zużycie, jednak obecność wanadu i aluminium w tym stopie budzi pewne obawy dotyczące długoterminowej biokompatybilności [1]. Alternatywny stop Ti13Nb13Zr został opracowany jako materiał wolny od potencjalnie toksycznych pierwiastków, oferujący jednocześnie lepsze właściwości elastyczne i mechaniczne, co sprawia, że jest on bardziej zbliżony do tkanki kostnej. W celu dalszej optymalizacji ich właściwości, stosuje się modyfikacje przy użyciu bioaktywnej ceramiki, takiej jak hydroksyapatyt (HAp), która sprzyja integracji implantu z kością. HAp, jako główny mineralny składnik tej tkanki, wykazuje doskonałą zgodność chemiczną z naturalnym szkieletem człowieka, co czyni go idealnym kandydatem do modyfikacji powierzchni stopów tytanu [2]. Celem niniejszych badań było zbadanie wpływu modyfikacji dwóch stopów tytanu (Ti6Al4V i Ti13Nb13Zr) różną ilością hydroksyapatytu na ich właściwości.

Metodyka: Przygotowano próbki ze stopów Ti6Al4V oraz Ti13Nb13Zr, skład zmodyfikowano hydroksyapatytem o różnej zawartości wagowej. Dobór parametrów i warunków procesu spiekania są niezwykle istotne, aby zachować właściwości bioaktywne. Próbki poddano następnie charakteryzacji za pomocą różnych technik m.in. skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), aby zbadać mikrostrukturę i jednorodność powłoki. Dalsze analizy obejmowały także pomiary chropowatości powierzchni.

Wyniki i dyskusja: Modyfikacja stopów tytanu hydroksyapatytem stanowi skuteczną metodę poprawy ich właściwości bioaktywnych, co ma kluczowe znaczenie dla ich zastosowań biomedycznych. Dobór parametrów spiekania okazał się skuteczny do otrzymania kompozytów. Zarówno Ti6Al4V, jak i Ti13Nb13Zr wykazały potencjał do użycia jako biomateriały.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS w programie Weave o numerze rejestracyjnym 2022/47/I/ST8/01778.

References:

- [1] Ö. B. ACIMERT, B. B. Okur, A. K. Dayauç, T. Küçükömeroğlu, and Y. Kanca, "Structural, Mechanical and Tribological Properties of Hydroxiapatite Reinforced Ti13Nb13Zr/HA Composite Produced by Friction Stir Process (FSP)," *Metall. Mater. Trans. B*, vol. 55, no. 4, pp. 2739–2749, 2024, doi: 10.1007/s11663-024-03138-7.
- [2] A. Arifin, A. Bakar, N. Muhamad, and S. Junaidi, "Characterization of Hydroxyapatite/Ti6AL4V composite powder under various sintering temperature," *J. Teknol.*, vol. 75, pp. 27–31, Aug. 2015, doi: 10.11113/jt.v75.5168.

Poster 24

VITIS VINIFERA CV. JOHANNITER IN VITRO CULTURES - PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF THE INNOVATIVE COSMETIC INGREDIENT

Marta Sharafan¹, Magdalena Anna Malinowska¹, Florent Magot², Arnaud Lanoue², Nathalie Giglioli-Guivarc'h², Agnieszka Szopa³, Elżbieta Sikora¹

¹Department of Organic Chemistry and Technology, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Cracow University of Technology, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

²Laboratory of Biotechnology and Plant Biomolecules (BBV), University of Tours, 31 Avenue Monge, 37200 Tours, France

³Department of Medicinal Plant and Mushroom Biotechnology Medical College, Jagiellonian University, Medyczna 9, 30-688 Kraków, Poland

*Correspondence: marta.sharafan@doktorant.pk.edu.pl

Grapevine (*Vitis vinifera* L.) is a popular fruit crop over the world. Extracts obtained from grapevine contain wide range of active compounds including amino acids, phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, or stilbenoids. Due to the rich chemical composition, grapevine is the popular raw material in cosmetic formulations. Recently, extracts derived from plant *in vitro* cultures have been a valuable innovative ingredient in these formulations. The biotechnological techniques could have a strong impact on chemical profiling allowing to obtain more desirable characteristics of the plant material and minimize the influence of external factors [1-3].

The aim of the study was the optimization and investigation the phytochemical composition of the *V. vinifera* cv. Johanniter *in vitro* cultures along with the evaluation the influence of the cultivation time on its antioxidant potential. The cultures were maintained over 10, 20 and 30-days growth cycles on two media: Murashige and Skoog (MS) and Schenk and Hildebrandt (SH) with various concentration of plant growth regulators. The tested media were: 'W1' (MS, 0.9 mg/L BA and 0.1 mg/L IBA), 'W2' (MS, 1.5 mg/L BA and 0.2 mg/L NAA), 'W3' (SH, 0.9 mg/L BA and 0.1 mg/L IBA) and 'W4' (SH, 1.5 mg/L BA and 0.2 mg/L NAA). The UPLC-MS/MS method was used for metabolite analysis. The antioxidant potential of extracts was evaluated using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and ferrous ion (Fe²⁺) chelating activity assays.

In all tested extracts, 45 compounds from various groups (6 amino acids, 4 phenolic acids, 13 flavan-3-ols, 3 flavonols and 19 stilbenoids), were identified. The results of DPPH showed that the highest antioxidant activity (45%) was possessed by the extract cultured on 'W2' media for 20 days, presumably by the presence of greater content of phenolic acids. In case of Fe²⁺ chelating activity, cv. Johanniter cultured over 30 days on media 'W1' was the most potent (54%). This effect could be the result of the highest presence of monomeric stilbenoids in the extract.

To conclude, the *V. vinifera* cv. Johanniter *in vitro* culture extracts are promising biologically active constituent, which could be used for the development of cosmetic formulations.

References:

- [1] I. Smetanska. Production of secondary metabolites using plant cell cultures. *Adv Biochem Eng Biotechnol.*, 2008, 111, 187-228.
- [2] V. Georgiev, A. Slavov, I. Vasileva, Pavlov A. Plant cell culture as emerging technology for production of active cosmetic ingredient. 2018, 779-798.
- [3] M. Sharafan, MA. Malinowska, H. Ekiert, B. Kwaśniak, E. Sikora, A. Szopa. *Vitis vinifera* (Vine Grape) as a Valuable Cosmetic Raw Material. *Pharmaceutics*. 2023, 15, 1372.

Poster 25

PREPARATION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF HYDROXYAPATITE-CHITOSAN COMPOSITES

Anna Synytsia¹, Olena Sych^{1,2}, Svitlana Stelmakh², Jan Mizeracki²,
Urszula Szałaj², Witold Łojkowski²

¹*Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of NAS of Ukraine, O. Pritsaka Str., 3, Kyiv-03142, Ukraine, e-mail: lena_sych@ukr.net*

²*Institute of High Pressure Physics of the PAS, Sokołowska Str., 29/37, 01-142 Warsaw, Poland*

Bone is a composite material contains hydroxyapatite (HA), collagen and a number of specialized noncollagenous proteins. HA keeps its leading position as a material for bone treatment, but the preparation of HA-based composites allows regulating properties. Chitosan (Ch) is a natural polymer with antibacterial and biocompatible properties, which is a natural analogue of collagen.

The study focuses on preparation and investigation of structure and properties of composites prepared using different nanosized HA with HA/Ch ratio equal to 70/30 wt.% corresponded to the composition of native bone.

GoHAP Type 1, GoHAP Type 3 and GoHAP Type 6 were obtained by microwave solvothermal technology. Commercial chitosan powder Chitosan-50 (Wako Pure Chemical Industries Ltd) was used for composites preparation in the injection form and porous samples. Injection form of composites was obtained by Ch dissolving in acetic acid solution followed by addition of HA at constant stirring. Freeze drying of injection form was used for porous samples preparation.

Specific surface area (SSA) of starting powders and obtained composites was controlled by BET method (Gemini 2360 Instrument, Micromeritics). Skeleton density measurements were conducted by helium pycnometer AccuPyc II 1340 (Micromeritics). Morphology was evaluated by SEM (Zeiss Ultra Plus, AG). Phase composition was controlled by XRD using an X'Pert PRO diffractometer (PANalytical). Stability of injection form of composites was studied using Turbiscan Lab (Formulation).

SSA and density of the composites depend on the type of used HA due to the difference characteristics of initial powders. Microstructure is represented by agglomerated HA particles with dense clearly visualized chitosan cover layer, which provide stable contact. XRD patterns are typical for HA-based materials. It was showed that stability of composite in injection form depends on the type of HA and the storage period that improves their stability. GoHAP Type 3/Ch composites demonstrate the best stability in the initial state and after 30 days of storage.

ROLA OBRÓBKİ POWIERZCHNIOWEJ W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNYCH STOPU Ti6Al7Nb – BADANIA PORÓWNAWCZE

Klaudia Szafarz^{1(*)}

¹*Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej*

(*)*e-mail: 236078@edu.p.lodz.pl*

Stop tytanu Ti6Al7Nb znajduje szerokie zastosowanie w dziedzinie biomedycyny, a szczególnie w implantologii, ze względu na swoje właściwości, takie jak wysoka odporność na korozję, dobra wytrzymałość mechaniczna oraz nietoksyczność [1,2]. Dzięki tym cechom jest jednym z najbardziej obiecujących materiałów wykorzystywanych w produkcji implantów medycznych. Niemniej jednak, aby zapewnić ich skuteczną integrację z otaczającymi tkankami, konieczne jest przeprowadzenie modyfikacji powierzchni, które zwiększają biokompatybilność i stymulują korzystne interakcje z komórkami. Zapewnia to efektywną implantację i skraca czas trwania stanu zapalnego, zmniejszając ryzyko obłuzowania implantu. Literatura wskazuje, że różnorodne procesy inżynierii powierzchni mogą znacząco zmieniać właściwości chemiczne, fizyczne i strukturalne stopów tytanu, umożliwiając ich dostosowanie do wymagań konkretnych zastosowań klinicznych [3-5].

Najczęściej stosowane metody modyfikacji powierzchni stopów tytanu, takie jak obróbka plazmowa, utlenianie elektrochemiczne czy synteza powłok, prowadzą do znaczących zmian charakterystyki tych materiałów. Wpływają one na właściwości fizykochemiczne powierzchni, w tym skład chemiczny, chropowatość, zwilżalność i energię powierzchniową, jednocześnie kształtując interakcje powierzchni z otoczeniem biologicznym. Ma to kluczowe znaczenie dla poprawy bioaktywności, wspierania adhezji komórek i wspomagania procesów integracyjnych pomiędzy implantem a komórkami. Takie modyfikacje odgrywają zatem istotną rolę w optymalizacji właściwości biologicznych materiałów stosowanych w medycynie [6-9].

Niniejsza praca przedstawia wpływ wybranych modyfikacji powierzchni stopu Ti6Al7Nb, takich jak trawienie w plazmie fluorowej, utlenianie elektrochemiczne, utlenianie w plazmie tlenowej a także nanoszenie powłoki węglowej i węglowej domieszkowanej fluorem, na wybrane właściwości stopu tytanu Ti6Al7Nb. Wyniki pokazują, że każda z zastosowanych technik znacząco wpływa na parametry powierzchni materiału. Przedstawione badania dostarczają cennych informacji na temat możliwości optymalizacji właściwości stopów tytanu do zastosowań w nowoczesnych implantach medycznych.

Słowa kluczowe: Ti6Al7Nb, modyfikacje powierzchni, właściwości biologiczne, obróbka plazmowa, utlenianie elektrochemiczne, powłoki węglowe

Podziękowania:

Badania zostały przeprowadzone w ramach stypendium finansowanego przez Politechnikę Łódzką w ramach Programu E2TOP.

Referencje:

- [1] Choubey A., Balasubramaniam R., Basu B., Effect of replacement of V by Nb and Fe on the electrochemical and corrosion behavior of Ti–6Al–4V in simulated physiological environment: Journal of Alloys and Compounds 2004, Vol. 381, p.288-294

- [2] Milosev I., Kosec T., Strehblow H., XPS and EIS study of the passive film formed on orthopaedic Ti–6Al–7Nb alloy in Hank's physiological solution: *Electrochimica Acta* 2008, s.3547-3558
- [3] Pradeep N., Chandrasekhara Sastry C., Brandão L., Surface modification of Ti6Al7Nb employing pure waterjet and abrasive waterjet polishing for implant application: comparison study: *Surface Topography: Metrology and Properties* 2022
- [4] Eisenbarth E., Velten D., Müller M., Thull R., and Breme J., Biocompatibility of β -stabilizing elements of titanium alloys, *Biomaterials*. (2004) 25, no. 26, 5705–5713
- [5] Le Guéhennec L. , Soueidan A. , Layrolle P. i Amouriq Y. , Obróbka powierzchni implantów stomatologicznych z tytanu w celu szybkiej osteointegracji , *Dental Materials*. (2007) 23 , nr 7, 844 – 854
- [6] Sul Y.-T. , Johansson CB , Jeong Y. i Albrektsson T. , Zachowanie się wzrostu tlenku elektrochemicznego na tytanie w elektrolitach kwasowych i zasadowych , *Medical Engineering and Physics*. (2001) 23 , nr 5, 329 – 346
- [7] Chen ZX , Takao Y. , Wang WX , Matsubara T. i Ren LM , Charakterystyka powierzchni i biokompatybilność *in vitro* tytanu anodowanego w roztworze kwasu fosforowego przy różnych napięciach , *Biomedical Materials*. (2009) 4 , nr 6, 065003
- [8] Yang B. , Uchida M. , Kim H.-M. , Zhang X. i Kokubo T. , Przygotowanie bioaktywnego tytanu metalicznego poprzez anodową obróbkę utleniającą , *Biomaterials* . (2004) 25 , nr 6, 1003 – 1010
- [9] Kim H.-G. , Ahn S.-H. , Kim J.-G. , Park SJ , i Lee K.-R. , Właściwości korozyjne stopu tytanu pokrytego węglem diamentopodobnym (DLC) w symulowanym środowisku płynu ustrojowego , *Diamond and Related Materials*. (2005) 14 , nr 1, 35 – 41

Poster 27

THE EFFECT OF FERULIC ACID ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF HUMAN FIBROBLASTS

Amelia Lizak¹, Nikola Pogwizd¹, Agnieszka Lechowska-Liszka¹, Renata Woźniacka¹, Beata Stenka², Anna Ścisłowska-Czarnecka¹

¹*Department of Applied Cosmetology, Academy of Physical Culture, Krakow, Poland*

²*Department of Applied Cosmetology, University of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland*

Introduction: Skin aging is a complex process resulting from the action of external (environmental) and internal factors of the body. Fibroblasts play a key role in maintaining the youthful appearance of the skin. These are cells that are responsible for the synthesis of extracellular matrix components (including collagen, elastin, proteoglycans) providing the skin with elasticity and firmness [1]. Due to the decreasing activity of fibroblasts with age, there is a constant search for new active substances that could stimulate their activity, despite the passage of time. Ferulic acid, known in cosmetology for its antioxidant and anti-aging properties, is a potential biomodulator of fibroblast activity [2].

Aim of the study: The aim of the study was to assess the effect of different concentrations of ferulic acid on the proliferation and secretory activity of fibroblasts under *in vitro* culture conditions.

Materials and methods: The studies were conducted on human fibroblasts of the BJ CRL-2522 cell line cultured in medium with the addition of ferulic acid at a concentration of 50 µg/ml or 100 µg/ml. On the third day of culture, cell proliferation, cytotoxicity of ferulic acid towards fibroblasts and their secretory activity, measured by the level of released protein and nitric oxide, were assessed. The results were analyzed using the Student's t-test, with a significance level of $p \leq 0.05$.

Results: The addition of ferulic acid to fibroblast cultures, both at a concentration of 50 µg/ml and 100 µg/ml, did not show any cytotoxic effect and did not affect their proliferation capacity compared to control cells cultured without its addition. Compared to the control group, an increase in the level of secreted protein and nitric oxide was observed in cells cultured in the presence of both concentrations of ferulic acid. Moreover, it was found that fibroblasts cultured in the presence of ferulic acid at a concentration of 100 µg/ml secreted a higher level of protein than cells cultured with the addition of ferulic acid at a concentration of 50 µg/ml.

Conclusions: 1) Ferulic acid, in both tested concentrations, does not show a cytotoxic effect on fibroblasts 2) Ferulic acid shows biomodulatory potential, stimulating the secretory activity of fibroblasts in a way that promotes the processes of regeneration and reconstruction of aging skin.

References:

- [1] A. Zorina, V. Zorin, *et al.* Dermal Fibroblasts as the Main Target for Skin Anti-Age Correction Using a Combination of Regenerative Medicine Methods. *Curr Issues Mol Biol.* 2023,45(5):3829-3847.
- [2] K.Dędek, J. Rosicka-Kaczmarek, E. Nebesny, G. Kowalska. Characteristics and biological properties of ferulic acid. *Biotechnol Food Sci.* 2019, 83(1), 71-85.

Poster 28

SURFACE MODIFICATION OF AISI 316 LVM MEDICAL STEEL WITH CARBON COATINGS DOPED WITH TI, CU AND TI-CU – ANALYSIS OF MECHANICAL AND CORROSION PROPERTIES

Patryk Śniarowski*, Krzysztof Jastrzębski, Witold Szymański

patryk.sniarowski@dokt.p.lodz.pl, Institute of Materials Science and Engineering, Lodz University of Technology, 1/15 Stefanowskiego St. 90-924, Lodz, Poland

Key words: doped carbon coatings, DLC, Ti, Cu, Biomaterials

Medical steels, although widely used for years as e.g. long-lasting implants, are not an ideal material. Some of their mechanical properties are inferior to titanium alloys or cobalt alloys, e.g. lower tensile strength [1]. The corrosion resistance of medical steels is also lower than that of titanium alloys. Another disadvantage is the potential release of nickel, which exhibits allergenic properties [2], [3]. Therefore, opportunities are being sought to improve the properties of medical steels, without necessity of abandoning of this material altogether in favour of other alternatives.

Among the possible solutions to improve the functional features of steels is via DLC (diamond like carbon) coatings, which are widely used in medicine in several areas due to their biocompatibility, favourable mechanical properties and high corrosion resistance. The most common branch is orthopaedics and more precisely implants used in cases of bone fractures such as intramedullary nails and stabilising plates. DLC coatings are used in such applications because of their high corrosion resistance and low wear rate [4]. In addition, additives of other elements to the carbon matrix are tested to improve mechanical properties [5] or induced planned biological response. Among the most common admixtures to that type of coatings there are: titanium, copper, silicon or silver. This is evidenced, among other things, by the number of publications related with that topic [6].

In the present study, carbon coatings doped with copper and titanium were produced on a substrate made of AISI 316 LVM medical steel. The aim of the study was to modify substrates commonly used for implants, by applying dual-doped carbon coatings and to characterize the resulting material.

Conducted examination covered: measuring of hardness using a nanoindenter, evaluation of the force of adhesion during the scratch test, measurements of corrosion resistance by potentiodynamic testing and assessment of carbon hybridisation using Raman spectroscopy.

The additions of both copper and titanium increased the corrosion resistance compared to the unmodified carbon coatings by 15%, while compared to the unmodified AISI 316 LVM steel by up to 60%. The presence of dominating sp^2 hybridisation of carbon leads to the coating's smearing during the scratch test.

References:

- [1] Nowacki, J., Dobrzański, L. A. i Gustavo, F. Implanty śródszpikowe w osteosyn-tezie kości długich. Gliwice: International OCSCO World Press, 2012.
- [2] Czarnobyłska, E., Obtulowicz, K., Wsołek, K., Piętowska, J. i Śpiewak, R., Mechanizmy alergii na nikiel. Przegląd lekarski, 2007.
- [3] Świder, K., Dąbrowa, T. i Więckiewicz, W., Reakcje alergiczne na biomateriały stosowane w protetyce stomatologicznej - przegląd piśmiennictwa. Protetyka Stomatologiczna, 2020, 210-219.

- [4] Roy, R. K. i Lee, K.-R., Biomedical Applications of Diamond-Like Carbon Coatings: A Review. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 2007, 72-84.
- [5] Olejnik, A., Świątek, L. i Bociąga, D., Biological evaluation of modified DLC coatings - a review. World Scientific News, 2017, 61-71.
- [6] Jastrzębski, K. i Jastrzębska, A., A review of mechanical properties of diamond-like carbon coatings with various dopants as candidates for biomedical applications. Acta Innovations, 2017, 40-57.

Acknowledgement: This poster has been completed while the first author was the Doctoral Candidate in the Interdisciplinary Doctoral School at the Lodz University of Technology, Poland.

Poster 29

COMPOSITE BASED ON POLYVINYL ALCOHOL, CHITOSAN, CAFFEINE, AND POLYDOPAMINE FOR WOUND HEALING

Muhammad Tahir¹, Simone Pettineo², Silvia Vicini², Alina Sionkowska¹

- ^{1.} *Department of Biomaterials and Cosmetic Chemistry, Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University in Torun, Gagarina 7, 87-100 Torun, Poland.
503438@doktorant.umk.pl, alinas@umk.pl;*
- ^{2.} *Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genova, 16146 Genoa, Italy.
simone.pettineo@edu.unige.it, silvia.vicini@unige.it*

The composite based on polyvinyl alcohol (PVA), chitosan (CS), and caffeine (Caff) has been prepared. PVA is a well-known synthetic polymer, and it has applications in wound dressings due to its ease of processing [1]. Chitosan has a key role in hemostasis [2], and hemostasis is the prominent phase of wound healing [3]. Caffeine also has applications in diabetic wounds due to its anti-oxidant properties [4]. After the preparation of the composite (PVA/CS/Caff) the addition of polydopamine (PDA) has been provided and the effect of PDA on the composite properties has been observed. It is commonly known that PDA has the well-established role of surface coatings, and it has an effective role in wound healing [5]. The presence of the individual components was analysed by using the Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Microscopic studies have been conducted to visualize the polymeric films. The mechanical properties of the polymeric films have been tested utilizing the mechanical properties testing machine (Zwick & Roell 0.5). The results of mechanical properties have been analyzed by utilization of the testXpert II 2017 computer program. It was found that the addition of PDA modified the properties of the PVA/CS/Caff composite.

References:

- [1] Jin, S. G. (2022). Production and application of biomaterials based on polyvinyl alcohol (PVA) as wound dressing. *Chemistry–An Asian Journal*, 17(21), e202200595.
- [2] Fan, P., Zeng, Y., Zaldivar-Silva, D., Agüero, L., & Wang, S. (2023). Chitosan-based hemostatic hydrogels: The concept, mechanism, application, and prospects. *Molecules*, 28(3), 1473.
- [3] Ellis, S., Lin, E. J., & Tartar, D. (2018). Immunology of wound healing. *Current dermatology reports*, 7, 350-358.
- [4] Bonyanian, Z., & Rose'Meyer, R. B. (2015). Caffeine and its potential role in attenuating impaired wound healing in diabetes. *Journal of Caffeine Research*, 5(4), 141-148.
- [5] Cai, S., Cheng, Y., Qiu, C., Liu, G., & Chu, C. (2023). The versatile applications of polydopamine in regenerative medicine: Progress and challenges. *Smart Materials in Medicine*, 4, 294-312.

EFFECT OF TITANIA ON PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF GLYCERIN

Adrian Topolski, Dominika Szczęśniak, Magdalena Ligor, Tomasz Ligor

Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University in Toruń, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń, topolski@umk.pl

Glycerine and titanium dioxide are the most common raw materials in cosmetic chemistry. Both compounds are often found together in one formulation, such as sunscreens. In the industry, TiO_2 is used both as a UV filter with good chemical stability and as a catalyst for the photodecomposition of environmental pollutants. Using TiO_2 and glycerine in one cosmetic product, such as sunscreen, can result in glycerine photodecomposition, especially after a bath when greased skin is wet.

The present studies aimed to check whether TiO_2 will affect possible photochemical reactions of glycerine in an aqueous solution. In addition to commercially available TiO_2 (anatase), its nanoform (anatase and rutile, partially) was also studied. Titania in both forms was characterized by spectroscopic (IR, Raman) and microscopic (SEM) studies. The BET analysis showed a sixteen-fold increase in the nano- TiO_2 surface compared to the starting anatase. The pore volume changed similarly.

Glycerine photodecomposition was tested in the 5% aqueous solution with UV spectrophotometry and also using the solid phase microextraction coupled with GC/MS apparatus (SPME-GC/MS). UV tests revealed that the UV irradiation of the 5% glycerine aqueous solution caused its very slow decomposition. However, the addition of both titania forms significantly increases this process. Titanium dioxide catalyses the photochemical decomposition of glycerine in the solution. Conductivity measurements showed that at least one ionic product was formed during the studied reaction. The reviewed literature indicates that the products of glycerine photodegradation may include: acetone, acetic acid, or methanol [1,2]. The SPME-GC/MS studies suggest that the obtained products can contain glyceric acid (see: the conductivity studies), 2-ethylhexanol, and methyl glyoxylate dimethyl acetal.

The large number of possible intermediates makes it difficult to determine precisely the compounds formed during this process. Nevertheless, the selected research methods indicated several intermediates or products that can appear in the 'glycerine- TiO_2 -UV-water' system. Thus, it should be firmly stated that combining titanium dioxide and glycerine in the formulation of cosmetics exposed to the sun (e.g., to prevent sunburn) may harm human skin and health. This is due to the degradation of glycerine and the formation of skin-irritating products.

References:

- [1] V. M. Daskalaki, D. I. Kondarides Catal. Today 2009, 144, 75.
- [2] N. Luo, Z. Jiang, H. Shi, F. Cao, T. Xiao, P. Edwards Int. J. Hydrog. Energy 2009, 34, 125.

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I FILMOTWÓRCZE UKŁADÓW NA BAZIE CHITOZANU DO ZASTOSOWAŃ KOSMETYCZNYCH

Marta Wanic*, Katarzyna Lewandowska

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

* e-mail: 317337@stud.umk.pl

Polimery naturalne są szeroko wykorzystywane w przemyśle kosmetycznym jako surowce i wykazują duży potencjał zastosowań w aplikacjach biomedycznych ze względu na ich naturalne pochodzenie, zdolności filmotwórcze, kompleksotwórcze, bioaktywność, a także bezpieczeństwo dla środowiska, odnawialność i zrównoważony rozwój [1-3]. W dużej grupie biopolimerów, polisacharydy i białka są najszerzej stosowane w produktach kosmetycznych. Chitozan (CS) jest polisacharydem i główną pochodną chityny, powszechnie występującą w pancerzach skorupiaków i owadów. CS jest często wykorzystywany jako wszechstronna matryca polimerowa do rozwoju nowych funkcjonalnych materiałów w zastosowaniach kosmetycznych i biomedycznych, którą można modyfikować poprzez dodatek różnych substancji aktywnych o odpowiednim działaniu terapeutycznym na skórę [4-5].

Celem prezentowanych badań była ocena właściwości reologicznych i mechanicznych układów biopolimerowych na bazie chitozanu modyfikowanych gliceryną i różnym dodatkiem substancji aktywnej o działaniu przeciwzapalnym, antyoksydacyjnym, działającym kojąco na skórę, z grupy związków fenolowych w formie roztworu alkoholowego o $c = 5\%(m/m)$. Charakterystykę reologiczną badanych układów wykonano za pomocą lepkościomierza rotacyjnego ROTAVISC lo-vi Complete w zakresie temperatur $25^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ i szybkości ścinania $1 - 33 \text{ s}^{-1}$. Dla wszystkich badanych układów zaobserwowano nienewtonowskie zachowanie z efektem rozrzedzania ścinaniem. Z kolei badania mechaniczne wykazały dużą elastyczność modyfikowanych filmów w porównaniu do czystego filmu CS (bez dodatków). Zaobserwowane zmiany są wynikiem wzajemnych interakcji pomiędzy chitozanem i dodatkami małocząsteczkowymi. Dodatkowo, przeprowadzone badania wykazały, że zastosowane dodatki silnie plastyfikują filmy CS, nawet bez obecności gliceryny.

Literatura

- [1] M. Kostag, O.A. El Seoud, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2021, 2 100079.
- [2] N.F. Lima, G.M. Maciel, N. P. Lima, I.A.A. Fernandes, C.W.I. Haminiuk Int. J. Biol. Macromol. 2024, 275, 133396.
- [3] J. Youn, K.D. Patel, A.W. Perriman, J.-S. Sung, M. Patel, L.-S. Bouchard, R. Patel, J. Mater. Chem. B, 2024, 12, 10446-10465
- [4] M. Szulc, K. Lewandowska, Molecules 2023, 28, 247, 1-17.
- [5] K. Lewandowska, A. Sionkowska M. Kurzawa, Molecules, 2023, 28, 247, 1-12

MODIFICATION OF POLY-L-LACTIDE WITH HYALURONIC ACID FOR COSMETIC APPLICATIONS

Renata Woźniacka¹, Beata Stenka², Aleksandra Matuła¹, Amelia Lizak¹,
Ewa Stodolak-Zych³, Ścisłowska-Czarnecka¹

¹ Department of Applied Cosmetology, Academy of Physical Culture, Krakow, Poland

² Section Applied Cosmetology, Academy of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland

³ Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland

Introduction: Hyaluronic acid (HA, hyaluronan) is a polysaccharide that occurs naturally in the body's tissues. About 50% of the total HA pool is found in the skin, which determines its wide application in both cosmetology and aesthetic medicine [1]. Due to its strong hygroscopic, regenerative and anti-aging properties, hyaluronic acid is a key ingredient in skin moisturizing and revitalizing preparations. However, its action is mainly superficial and short-term. In order to increase the effectiveness of hyaluronic acid, prolonged-release formulas are often used, which gradually deliver it to the skin. One of the carriers of active substances in cosmetology is poly-L-lactide (PLA), which allows controlled penetration of active substances, including HA, into the deeper layers of the skin, which prolongs its action and increases its effectiveness [2].

The aim of this study was to evaluate the effect of PLA polymer modification with hyaluronic acid on the proliferation and secretory activity of fibroblasts.

Materials and methods: The studies were conducted on human fibroblasts of the Hs680 cell line in *in vitro* culture conditions. The cells were cultured for 7 days on polymeric substrates in the form of a poly-L-lactide membrane, modified with the addition of 3% hyaluronic acid (PLA-HA group). The reference group consisted of cells cultured on a poly-L-lactide substrate without the addition of HA (PLA group), while fibroblasts cultured without biomaterial constituted the control group (CTR group). Cell proliferation was assessed (CV test) and the level of secreted protein and nitric oxide (Griss test) and protein (BCA test) in cell culture supernatants was assessed.

Results: On day 7 of fibroblast culturing, a statistically significant increase in the proliferation of cells cultured on the material with the addition of hyaluronic acid (PLA-HA group) was observed, compared to the cells of the reference group (PCL group) and the control group (CTR group). At the same time, a statistically significant decrease in protein secretion and an increase in nitric oxide secretion were observed by fibroblasts cultured on PLA material modified with hyaluronic acid (PLA-HA group) compared to cells cultured on the reference material (PLA group).

Conclusions: The addition of hyaluronic acid to the PLA polymer membrane modulates the biological response of human fibroblasts. The direction of these changes and the mechanisms of their action require further research.

References:

- [1] GN. Iaconisi, P. Lunetti, N. Gallo, *et al.* Hyaluronic Acid: A Powerful Biomolecule with Wide-Ranging Applications-A Comprehensive Review. *Int J Mol Sci.* 2023, 24(12),10296
- [2] YJ. Ao, Y. Yi, GH. Wu, Application of PLLA (Poly-L-Lactic acid) for rejuvenation and reproduction of facial cutaneous tissue in aesthetics: A review. *Medicine (Baltimore).* 2024,103(11):e37506

Poster 33

THE EFFECT OF ACEROLA BIOFERMENT ON THE PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF RESTING MACROPHAGES – *IN VITRO* STUDIES

Aleksandra Matuła, Wiktoria Madej, Agnieszka Lechowska-Liszka, Renata Woźniacka, Anna Ścisłowska-Czarnecka.

Department of Applied Cosmetology, Academy of Physical Culture, Krakow, Poland

Introduction: Macrophages are key immune cells involved in inflammation and maintaining skin homeostasis. These cells respond to stimuli such as tissue damage or pathogens by secreting a number of proteins involved in inflammation (cytokines, chemokines) and reactive oxygen and nitrogen species [1]. However, excessive macrophage activity can lead to the development of chronic inflammation and skin diseases [2]. Plant bioferments offer an innovative approach to modifying the immune response. Acerola bioferment is rich in vitamin C and polyphenols, has antioxidant, anti-inflammatory, regenerative and skin microbiome balance - supporting properties [3,4].

Aim: The aim of this study was to evaluate the effect of acerola bioferment on the viability, proliferation and secretory activity of macrophages.

Materials and methods: The RAW 264.7 macrophage cell line cultured *in vitro* in a medium enriched with acerola bioferment at concentrations of 3 µl/ml and 10 µl/ml was used in the study. The control group consisted of cells cultured without acerola bioferment. Cell proliferation (CV test) and cell viability (Vialight test) were assessed, and the level of adenylate kinase AK (cytotoxicity index), nitric oxide (NO) and protein levels were determined in cell culture supernatants.

Results: No cytotoxic effect of acerola bioferment on macrophages was observed. It was shown that regardless of the concentration used, acerola bioferment increased macrophage proliferation and viability. At the same time, in both studied groups of macrophages cultured with the addition of acerola bioferment, a decrease in the level of secreted protein was observed in comparison with the control group, and in the case of macrophages cultured with acerola bioferment at a concentration of 10 µl/ml, an increase in the secretion of nitric oxide by cells was observed.

Conclusions: Acerola bioferment at the concentrations used has the potential to modulate the inflammatory response of macrophages.

References:

- [1] S. H. Lee, D. L. Sacks, Resilience of Dermis Resident Macrophages to Inflammatory Challenges. *Experimental & Molecular Medicine*. 2024, 56, 2105 - 2112.
- [2] Z. Zhang, Y. Mo, S. Xu, *et al.* A Low-Modulus Phosphatidylserine-Exposing Microvesicle Alleviates Skin Inflammation via Persistent Blockade of M1 Macrophage Polarization. *Int. J. Mol. Sci.* 2025, 26(1), 394.
- [3] M. Klimek-Szczykutowicz, E. M. Błońska-Sikora, K. Kulik-Siarek *et al.* Bioferments and Biosurfactants as New Products with Potential Use in the Cosmetic Industry. *Applied Sciences* 2024, 14(9), 3902
- [4] Y.T. Dang, H. Tran, T. Chan, Y.T. Kha, Stability and antioxidant properties of freeze-concentrated acerola juice in water-in-oil-in-water emulsions. *Appl. Food Res.* 2024, 4.2,100621

Poster 34

THE CHARACTERIZATION OF FILMS BASED ON HYALURONIC ACID AND TANNIC ACID AS COSMETIC FACE MASKS

Lidia Zasada*, Beata Kaczmarek-Szczepańska

*Nicolaus Copernicus University in Torun, Faculty of Chemistry, Department of Biomaterials and Cosmetics Chemistry, Gagarin 7, 87-100 Torun, Poland. *e-mail: 503555@doktorant.umk.pl (L.Z.)*

Hyaluronic acid (HA) and tannic acid (TA) are widely utilized in the cosmetic industry due to their moisturizing, antioxidant, and skin-rejuvenating properties. HA is a naturally occurring biopolymer known for its ability to retain moisture and improve skin elasticity, making it a key ingredient in hydrating and anti-aging formulations [1]. TA, on the other hand, is a polyphenolic compound with strong antioxidant and astringent properties, which can help in reducing inflammation and protecting the skin from oxidative stress [2]. The combination of these two active ingredients in cosmetic formulations aims to enhance skin hydration, protection, and overall appearance.

The present study aims to develop and characterize cosmetic face masks formulated with different mass ratios of HA and TA (80HA/20TA, 50HA/50TA, 20HA/80TA). The face masks were prepared using sodium alginate, carrageenan extract, and glycerin, ensuring optimal film formation and adherence to the skin.

Comprehensive physicochemical analyses were performed to evaluate the properties of the final face mask formulations. Mechanical testing demonstrated that HA-rich compositions (80HA/20TA) exhibited superior strength and flexibility, making them more durable during application. Water vapor permeability rate (WVPR) analysis confirmed that all formulations allowed controlled moisture exchange, preventing excessive dehydration or occlusion. Additionally, DPPH radical scavenging assays confirmed the antioxidant activity of all samples, with higher TA content enhancing free radical neutralization.

Application tests on human skin indicated that the masks adhered well to moist skin, creating a cooling effect without dissolving in water. The masks remained flexible and intact during wear. The findings highlight the potential of HA-TA-based face masks as multifunctional cosmetic products offering enhanced hydration, antioxidant protection, and biocompatibility. Future research should explore the long-term stability and clinical efficacy of these formulations in dermatological applications.

References:

- [1] S. Grabska-Zielińska, A. Sosik, A. Małkowska, E. Olewnik-Kruszkowska, K. Steinbrink, K. Kleszczyński, B. Kaczmarek-Szczepańska, The Characterization of Scaffolds Based on Dialdehyde Chitosan/Hyaluronic Acid, *Materials*. 2021, 14 (17), 4993
- [2] M. Wekwejt, J. Kluczyński, A. Ronowska, A. Michno, L. Zasada, M. Małek, B. Kaczmarek-Szczepańska, Hyaluronic acid/tannic acid films for biomedical application, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2024, 254, 128101