

Magyar Kémikusok Egyesülete Csongrád Megyei Csoportja és a
Magyar Kémikusok Egyesülete rendezvénye



XLVI. KÉMIAI ELŐADÓI NAPOK

Előadás összefoglalók

Szegedi Tudományegyetem
Szeged, 2023. október 17-19.

Szerkesztették

Karádi Krisztina

SZTE TTIK Molekuláris és Analitikai Kémia Tanszék

Vargáné Árok Zsófia

SZTE TTIK Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

ISBN 978-615-6018-22-9

Tartalomjegyzék

A Magyar Kémikusok Egyesülete által nívódíjjal kitüntetett diplomadolgozatok	4
A XLVI. Kémiai Előadói Napok program- és absztraktfüzete	6
Áttekintő program.....	7
Részletes program.....	9
Absztraktfüzet.....	14
Plenáris előadás	15
Nívódíjas előadások szekciója I.	17
Nívódíjas előadások szekciója II.	23
Biochemistry/Biokémia szekció	29
Gyógyszerészeti kémia szekció	36
Anyagtudomány szekció I.	42
Gyógyszeranalitikai kémia szekció	47
Anyagtudomány szekció II.	52
Orvosi kémia szekció.....	57
Szerves kémia szekció	72
Fenntartható kémia /Sustainable chemistry szekció	79
Anyagtudomány szekció III.	75
Fizikai kémia szekció	80
A XLVI. Kémiai Előadói Napok konferencia kiadványkötetbe benyújtott közlemények	87
Ecsédi Bertold: Poliimid aerogélek hidratációs mechanizmusának vizsgálata	88
Fekete Dávid: Fotoelektrokémiai glicerinoxidációs folyamatok nagy áramsűrűségeken	95
Makai Tímea Kamilla: A tehetséggondozás lehetőségei a kémia- és matematikatanítás szempontjából.....	102
Mihalovics Bence: Elnyújtott hatóanyag-leadás poliszukcinimid és poli(vinil-pirrolidon) alapú szálak mátrixokból	109
Ördög Tibor István: Az aszfaltének szerepe a kőolaj emulziók stabilitásában	116
Samu Angelika Anita: A szén-dioxid elektrokémiai átalakítását befolyásoló paraméterek rész nélküli elektrolizáló cellában	123
Szayly Kata: A mukoadhézió értelmezése hidrogél felszínen.....	128
Gergely Stankovits: The effect of the cationic group content of the polymer on mucin-poly(amino acid) interaction.....	136
Támogatóink	143

**A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE ÁLTAL
NÍVÓDÍJJAL KITÜNTETETT DIPLOMADOLGOZATOK
2023**

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

KISS ETELKA:

Kumarinvázis fotokapcsoló gerjesztett állapotú folyamatainak vizsgálata

LŐRINCZ BALÁZS:

Szupramolekuláris és katalitikus kémiában előforduló bonyolult molekuláris kölcsönhatások pontos modellezése

DEBRECENI EGYETEM

BENEDEK MÁTÉ:

Kopolimerek karakterizálása gél permeációs kromatográfia és neurális háló alkalmazásával

MAKAI TÍMEA KAMILLA:

A tehetséggondozás lehetőségei a kémia- és matematikatanítás szempontjából

SZABÓ DÁVID RUBEN:

Monoklonális antitestek elektroporlasztásos ionizációs tömegspektrometriával kapott spektrumainak vizsgálata

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

FEHÉRVÁRI ESZTER:

Humán peptidil-arginin-deimináz enzimek autocitrullinációjának vizsgálata tömegspektrometriával

LACZKÓ GERGELY:

Computational Study of Base-Catalyzed Thioester Isomerizations

ZSIGNÁR-NAGY BARNABÁS:

Bifenilén alapú diaril-etén fotokapcsolók előállítása és vizsgálata

PANNON EGYETEM

TÓTH ELIZA:

Átmenetifém-oxid tartalmú halloysit nanokompozit fotokatalizátorok fejlesztése

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

KAJNER GYULA:

Szerves és szervetlen részecske diszperziók ICP-MS vizsgálatára alkalmas 3D nyomtatott mintabeviteli rendszer fejlesztése és alkalmazása

Magyar Kémikusok Egyesülete Csongrád Megyei Csoportja
és a Magyar Kémikusok Egyesülete rendezvénye

XLVI. KÉMIAI ELŐADÓI NAPOK

Programfüzet



Szeged, 2023. október 17-19.

Szegedi Akadémiai Bizottság Székháza
6720 Szeged, Somogyi u. 7 (103-104 Díszterem)

Organized by the Csongrád county sub-division of Hungarian
Chemical Society and the Hungarian Chemical Society

XLVI. CHEMISTRY LECTURES

Program book

Szeged, 17-19. October 2023.

Szervezők: Karádi Krisztina és V. Árok Zsófia
Organizers: Krisztina Karádi and Zsófia V. Árok

ÁTTEKINTŐ PROGRAM / SHORT PROGRAM

2023. október 17. kedd / 17 October 2023 Tuesday

- 09.30 – Regisztráció / Registration
10.30 – 11.00 Megnyitó
Prof. Sipos Pál, egyetemi tanár
A Magyar Kémikusok Egyesülete
Csongrád Megyei Csoportjának elnöke
Nívódíjak átadása
Dr. Janáky Csaba, egyetemi docens
Magyar Kémikusok Egyesülete
11.00 – 12.00 Plenáris előadás
Előadó: Dr. Varga Gábor, egyetemi tanársegéd
12.00 – 13.00 Ebédszünet
13.00 – 14.15 Nívódíjas előadások szekciója I. Elnök: **Dr. Dömötör Orsolya**, egyetemi adjunktus
14.15 – 14.30 Kávészünet
14.30 – 15.45 Nívódíjas előadások szekciója II. Elnök: **Dr. Endrődi Balázs**, egyetemi adjunktus
15.45 – 16.00 Kávészünet
16.00 – 17.30 Biochemistry/Biokémia szekció Elnök: **Halmágyi Tibor Gergő**, tudományos munkatárs
18.00 – 21.00 Konferenciavacsora (Hági Udvar és Étterem, 6720 Szeged, Kelemen László utca 3.)
Conference dinner ("Hági Udvar és Étterem", 6720 Szeged, Kelemen László street 3.)

2023. október 18. szerda / 18 October 2023 Wednesday

- 09.15 – Regisztráció / Registration
09.45 – 11.00 Gyógyszerészeti kémia szekció Elnök: **Dr. Dobó Dorina Gabriella**, egyetemi adjunktus
11.00 – 11.15 Kávészünet
11.15 – 12.15 Anyagtudomány szekció I. Elnök: **Dr. Szabados Márton**, tudományos munkatárs
12.15 – 12.45 Ebédszünet
12.45 – 13.45 Gyógyszeranalitikai kémia szekció Elnök: **Dr. Körmöczi Tímea**, tudományos munkatárs
13.45 – 14.00 Kávészünet
14.00 – 15.00 Anyagtudomány szekció II. Elnök: **Dr. Varga Gábor**, egyetemi tanársegéd
15.05 – 16.00 Látogatás a szegedi Új Zsinagógába, 6722 Szeged, Jósika utca 10.
Visiting the Szeged New Synagogue, 6722 Szeged, Jósika street 10.

2023. október 19. csütörtök / 19 October 2023 Thursday

- 08.30 – Regisztráció / Registration
09.00 – 10.00 Orvosi kémia szekció Elnök: **Dr. Lőrinczi Bálint**, egyetemi tanársegéd
10.00 – 10.15 Kávészünet
10.15 – 11.45 Szerves kémia szekció Elnök: **Tolnai Balázs**, igazságügyi vegyészszakértő
11.45 – 12.15 Ebédszünet
12.15 – 13.30 Fenntartható kémia/ Sustainable chemistry szekció Elnök: **Dr. Schusztér Gábor**, adjunktus
13.30 – 13.45 Kávészünet
13.45 – 14.45 Anyagtudomány szekció III. Elnök: **Dr. Kutus Bence**, tudományos munkatárs
14.45 – 15.00 Kávészünet
15.00 – 16.30 Fizikai kémia szekció Elnök: **Dr. Samu Gergely Ferenc**, tudományos munkatárs

KÖZÖSSÉGI PROGRAMOK



Konferenciavacsora

2023. OKTÓBER 17.

KEDD, 18:00–21:00

HÁGI UDVAR ÉS ÉTTEREM

6720 SZEGED, KELEMEN LÁSZLÓ UTCA 3.



Zsinagógagalátogatás

2023. OKTÓBER 18.

SZERDA, 15:05–16:00

KÖZÖS INDULÁS A KONFERENCIA HELYSZÍNÉTŐL

SOCIAL PROGRAM



Conference dinner

17 OCTOBER 2023

TUESDAY, 18:00–21:00

HÁGI GARDEN AND RESTAURANT

6720 SZEGED, KELEMEN LÁSZLÓ STREET 3.



Visiting the New Synagogue

18 OCTOBER 2023

WEDNESDAY, 15:05–16:00

ORGANIZED DEPARTURE FROM THE CONFERENCE VENUE

RÉSZLETES PROGRAM / DETAILED PROGRAM

2023. október 17. kedd / 17 October 2023 Tuesday

- 09.30 – Regisztráció / Registration**
10.30 – 11.00 Megnyitó
Prof. Sipos Pál, *egyetemi tanár*
A Magyar Kémikusok Egyesülete Csongrád Megyei Csoportjának elnöke
Nívódíjak átadása
Dr. Janáky Csaba, *egyetemi docens*
Magyar Kémikusok Egyesülete
- 11.00 – 12.00 Plenáris előadás**
AUSZTRÁLIÁBÓL JÖTTEM – EGY MARIE CURIE ÖSZTÖNDÍJ TÖRTÉNETE
Előadó: Dr. Varga Gábor, egyetemi tanársegéd
- 12.00 – 13.00 Ebédszünet (Díszterem előtti folyosó)**
- 13.00 – 14.15 Nívódíjas előadások szekciója I.**
Elnök: Dr. Dömötör Orsolya, egyetemi adjunktus
- 13.00 – 13.15 Humán peptidil-arginin-deimináz enzimek autocitrullinációjának vizsgálata tömegspektrometriával
Előadó: Fehérvári Eszter, PhD hallgató
- 13.15 – 13.30 Szerves és szervetlen részecske diszperziók ICP-MS vizsgálatára alkalmas 3D nyomtatott mintabeviteli rendszer fejlesztése és alkalmazása
Előadó: Kajner Gyula, PhD hallgató
- 13.30 – 13.45 Bifenilén alapú diaril-etén fotokapcsolók előállítás és vizsgálata
Előadó: Zsignár-Nagy Barnabás, PhD hallgató
- 13.45 – 14.00 Átmenetifém-oxid tartalmú halloysit nanokompozit fotokatalizátorok fejlesztése
Előadó: Tóth Eliza, PhD hallgató
- 14.00 – 14.15 Szupramolekuláris és katalitikus kémiában előforduló bonyolult molekuláris kölcsönhatások pontos modellezése
Előadó: Lőrincz Balázs, PhD hallgató
- 14.15 – 14.30 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)**
- 14.30 – 15.45 Nívódíjas előadások szekciója II.**
Elnök: Dr. Endrődi Balázs, egyetemi adjunktus
- 14.30 – 14.45 Monoklonális antitestek elektroporlasztásos ionizációs tömegspektrometriával kapott spektrumainak vizsgálata
Előadó: Szabó Dávid Ruben, PhD hallgató
- 14.45 – 15.00 A tehetséggondozás lehetőségei a kémia- és matematikatanítás szempontjából
Előadó: Makai Tímea Kamilla, középiskolai oktató
- 15.00 – 15.15 Kumarinvázis fotokapcsoló gerjesztett állapotú folyamatainak vizsgálata
Előadó: Kiss Etelka, PhD hallgató
- 15.15 – 15.30 Kopolimerek karakterizálása gél permeációs kromatográfia és neurális háló alkalmazásával
Előadó: Benedek Máté Benjámin, PhD hallgató
- 15.30 – 15.45 Computational study of base-catalyzed thioester isomerizations
Presenter: Laczkó Gergely, PhD student

- 15.45 – 16.00 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)
- 16.00 – 17.30 **Biochemistry/Biokémia szekció**
Elnök: Halmágyi Tibor Gergő, tudományos munkatárs
- 16.00 – 16.15 Polymeric magnetic nanoparticles for mitomycin delivery: synthesis, characterization, and in vitro drug release
Presenter: Keristina Wagdi Kamil Amin, PhD student
- 16.15 – 16.30 Development of corticosteroid-loaded liposomes
Presenter: Budavári Bálint, PhD student
- 16.30 – 16.45 The interaction between mucin and poly(amino acid)s with controlled cationic group content
Presenter: Stankovits József Gergely, PhD student
- 16.45 – 17.00 A mukoadhézió értelmezése hidrogél felszínén
Előadó: Szayly Kata, Bsc hallgató
- 17.00 – 17.15 Elnyújtott hatóanyag-leadás poliszukcinimid és poli(vinil-pirrolidon) alapú szálas mátrixokból
Előadó: Mihalovics Bence, Msc hallgató
- 17.15 – 17.30 Antioxidáns és proteáz aktivitással rendelkező nanokompozitok fejlesztése
Előadó: Kónya Zsuzsanna, Bsc hallgató
- 18.00 – 21.00 Konferenciavacsora (Hági Udvar és Étterem, 6720 Szeged, Kelemen László utca 3.)

2023. október 18. szerda / 18 October 2023 Wednesday

- 09.15 – **Regisztráció / Registration**
- 09.45 – 11.00 **Gyógyszerészeti kémia szekció**
Elnök: Dr. Dobó Dorina Gabriella, egyetemi adjunktus
- 09.45 – 10.00 2-Acetil-piridin-aminoguanidin Schiff-bázisok és fémkomplexeik oldategyensúlyi és redoxi tulajdonságaik
Előadó: Gátszegi Gerda Tímea, Msc hallgató
- 10.00 – 10.15 Potenciális STAT5b inhibitorok tervezése és szintézise
Előadó: Péczka Nikolett, PhD hallgató
- 10.15 – 10.30 AKR1C enzimcsalád biológiai funkciója és inhibitorai
Előadó: Csengeri Ágnes, biológia-kémia szakos hallgató
- 10.30 – 10.45 Apremilast gyógyszerhatóanyag-szintézis kulcsfontosságú intermedierének rezolválása
Előadó: Nguyen Thuy Hong Ha, PhD hallgató
- 10.45 – 11.00 2-Azidopridin és rokon vegyületeinek gyors és biztonságos áramlások kémiai szintézise és tovább alakítása
Előadó: Szemesi Péter, PhD hallgató
- 11.00 – 11.15 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)
- 11.15 – 12.15 **Anyagtudomány szekció I.**
Elnök: Dr. Szabados Márton, tudományos munkatárs
- 11.15 – 11.30 Pszeudo-perovszkitok optoelektronikai tulajdonságainak finomhangolása halogéncserével
Előadó: Hajdu Cintia, PhD hallgató

- 11.30 – 11.45 Üvegszálak regenerálása üvegszálak kompozitból hidrotermális bontással
Előadó: Képes Bence, Bsc hallgató
- 11.45 – 12.00 Funkcionális molekulák vizsgálata pumpa-szonda szórási kísérletekkel ultragyors időskálán
Előadó: Mikeházi Antal János, PhD hallgató
- 12.00 – 12.15 Radioaktív hulladékok kondicionálására alkalmas kötőanyagok és kompozitjaik NMR relaxometriás vizsgálata
Előadó: Kertész Tamás Péter, Msc hallgató
- 12.15 – 12.45 Ebédszünet (Díszterem előtti folyosó)
- 12.45 – 13.45 **Gyógyszeranalitikai kémia szekció**
Elnök: Dr. Körmöczy Tímea, tudományos munkatárs
- 12.45 – 13.00 Filmtabletták minőségellenőrzése közeli infravörös és Raman-spektroszkópia segítségével
Előadó: Szabó Bence, Msc hallgató
- 13.00 – 13.15 UV képalkotáson alapuló gépi látási rendszer alkalmazása tabletták vizsgálatára
Előadó: Mészáros Lilla Alexandra, PhD hallgató
- 13.15 – 13.30 Aripiprazol tartalmú készítmények bioekvivalencia vizsgálatának predikciója kioldódás-felszívódás alapon
Előadó: Kádár Szabina, PhD hallgató
- 13.30 – 13.45 Felületaktív anyagok és pH-módosító segédanyagok hatása a pimobendán kioldódására és felszívódására
Előadó: Tózsér Petra, PhD hallgató
- 13.45 – 14.00 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)
- 14.00 – 15.00 **Anyagtudomány szekció II.**
Elnök: Dr. Varga Gábor, egyetemi tanársegéd
- 14.00 – 14.15 Az aszfaltének és a tárolóközetek szerepe a kőolajemulziók stabilitásában
Előadó: Ördög Tibor István, Technológia transzfer szenior szakértő
- 14.15 – 14.30 Polimer adalékok szerepének vizsgálata elektrokémiai szén-monoxid redukcióban
Előadó: Galbicsek Noémi Vanda, Bsc hallgató
- 14.30 – 14.45 Hangolható szén-monoxid redukciós szelektivitás polianilin/réz nanokompozit elektrokatalizátorokon
Előadó: Drágity Deján, Bsc hallgató
- 14.45 – 15.00 Antioxidáns kompozitok előállítása mangán-oxid és cérium-oxid nanozyme-ok kontrollált heteroaggregációjával
Előadó: Viczián Dániel, Bsc hallgató
- 15.05 – 16.00 Látogatás a szegedi Új Zsinagógába (közös indulás a SZAB székházból)

2023. október 19. csütörtök / 19 October 2023 Thursday

08.30 – Regisztráció / Registration

09.00 – 10.00 Orvosi kémia szekció

Elnök: Dr. Lőrinczi Bálint, egyetemi tanársegéd

09.00 – 09.15 A jövő sebfedői? - Poliszukcinimid és só keverékéből háromdimenziós, nanoszálak struktúra előállítása

Előadó: Nanys Mónika, Msc hallgató

09.15 – 09.30 Poliszukcinimid/szervetlen só kompozit szálak struktúrák optimalizálása és potenciális orvosi alkalmazhatósága

Előadó: Pálos Veronika, PhD hallgató

09.30 – 09.45 Fertőtlenítő hatású PVA szövetek előállítása

Előadó: Kiss Eszter, PhD hallgató

09.45 – 10.00 Fém tartalmú nanorészecskék antibakteriális és citotoxikus hatása, irodalmi összefoglalás

Előadó: Halmóczy Sarolta, PhD hallgató

10.00 – 10.15 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)

10.15 – 11.45 Szerves kémia szekció

Elnök: Tolnai Balázs, igazságügyi vegyészszerelő

10.15 – 10.30 Fotokatalitikus rendszerek fejlesztése szén-szén kapcsolások kivitelezésére

Előadó: Gémes Gergő, Bsc hallgató

10.30 – 10.45 Aza-BODIPY típusú fényérzékenyítő anyagok szintézise

Előadó: Hlogyik Tamás, PhD hallgató

10.45 – 11.00 Biológiailag aktív kannabigerol származékok előállítása Mannich reakcióval

Előadó: Tóth Gergely, hallgató

11.00 – 11.15 Antitumor hatású protoflavon-indol hibrid vegyületek előállítása és vizsgálata

Előadó: Girst Gábor, tudományos segédmunkatárs

11.15 – 11.30 [1,2,4]triazolo[1,5-a]pirimidin vázas GABAB pozitív allosztérikus modulátorok szintézise

Előadó: Petró József Levente, kutató-fejlesztő vegyész, PhD hallgató

11.30 – 11.45 Mikrotálca rendszeren alapuló, nagy áteresztőképességű enantiomerszeparációs eljárás kidolgozása

Előadó: Jávorka Bálint, Msc hallgató

11.45 – 12.15 Ebédészünet (Díszterem előtti folyosó)

12.15 – 13.30 Fenntartható kémia/Sustainable chemistry szekció

Elnök: Dr. Schuster Gábor, adjunktus

12.15 – 12.30 Perszulfát-ionok hatása a ZnO heterogén fotokatalitikus aktivitására trimetoprim bontása során

Előadó: Veres Bence, PhD hallgató

12.30 – 12.45 A szén-dioxid elektrokémiai átalakítását befolyásoló paraméterek rész nélküli elektrolizáló cellában

Előadó: Samu Angelika Anita, PhD hallgató

- 12.45 – 13.00 Toxikus vegyületek képződése és bomlása vízkezelési eljárásokban: citromsav klórozása
Előadó: Angyal Dávid, PhD hallgató
- 13.00 – 13.15 The effect of single crystal TiO₂/perovskite band alignment on the kinetics of electron extraction
Presenter: Chen Xiangtian, PhD student
- 13.15 – 13.30 Photoelectrochemical CO₂ reduction on Au-decorated Sb₂Se₃ photocathodes
Presenter: John Mark Christian Dela Cruz, PhD student
- 13.30 – 13.35 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)
- 13.45 – 14.45 **Anyagtudomány szekció III.**
Elnök: Dr. Kutus Bence, tudományos munkatárs
- 13.45 – 14.00 Poliimid aerogélek hidratációs mechanizmusának vizsgálata
Előadó: Ecsédi Bertold, Bsc hallgató
- 14.00 – 14.15 Polikationos nanoszálak rendszerek fejlesztése elektrosztatikus szálhúzás technikával
Előadó: Takács Ádám, Msc hallgató
- 14.15 – 14.30 Az uranil kation és a réteges kettős hidroxidok közötti kölcsönhatások vizsgálata
Előadó: Péter Tamás, Msc hallgató
- 14.30 – 14.45 Polietilén stabilizálása természetes eredetű antioxidánsokkal
Előadó: Takács Kata, PhD hallgató
- 14.45 – 15.00 Kávészünet (Díszterem előtti folyosó)
- 15.00 – 16.30 **Fizikai kémia szekció**
Elnök: Dr. Samu Gergely Ferenc, tudományos munkatárs
- 15.00 – 15.15 Kitozán oszcillátorok szinkronizációja
Előadó: Gárdi Bálint, Bsc hallgató
- 15.15 – 15.30 Kalcium-karbonát képződésének tér- és időbeli jellemzése mikrofluidikai reaktorban
Előadó: Ádám Mária Rebeka, Bsc hallgató
- 15.30 – 15.45 Szén-dioxid redukcióval párosított glicerinnal oxidáció folyamatos áramlásos elektrolizáló cellában
Előadó: Szirmai Adrienn, hallgató
- 15.45 – 16.00 Fotoelektrokémiai glicerinnal oxidációs folyamatok nagy áramsűrűségeken
Előadó: Fekete Dávid, Bsc hallgató
- 16.00 – 16.15 Ritkaföldfém-szilikát csapadékcsövek áramlásvezérelt szintézise és jellemzése
Előadó: Farkas Panna, Msc hallgató
- 16.15 – 16.30 A Cl + CH₃CN reakció mechanizmusainak és dinamikájának elméleti modellezése
Előadó: Tóth Petra, Msc hallgató

ABSZTRAKTFÜZET

-

BOOK OF ABSTRACTS

PLENÁRIS ELŐADÁS

AUSZTRÁLIÁBÓL JÖTTEM – EGY MARIE CURIE ÖSZTÖNDÍJ TÖRTÉNETE

Varga Gábor

Szegedi Tudományegyetem, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék



„Menni vagy nem menni?” irodalmi áthallással átítatott eldöntött kérdés a fiatal kutatók életében. Aki akadémiai pályára készül valójában a következő kérdést kell, hogy megfogalmazza: Milyen lehetőségei vannak egy frissen végzett fiatal kutatónak arra, hogy külföldi tapasztalatot szerezzen? Ez viszont egy lényegesen összetettebb kérdés és sajnálatos módon a Magyarországon posztgraduális/graduális képzésben résztvevő hallgatók komoly információhiányban szenvednek ezzel kapcsolatban. Ez az információhiány viszont oda vezet, hogy a karriertervezés, ami tőlünk nyugatabbra lényegesen jobban és tudatosabban működik, már az első lépésekben kútba esik/csorbát szenved és egy újabb területen kerülnek versenyhátrányba a magyarországi fiatal kutatók.

A nemzetközi mobilitási pályázatok és a fiatal kutatók számára kiírt ösztöndíjak kulcsfontosságú szerepet töltenek be ebben a bizonyos karrier tervezésében. Az előadás során a saját Marie Curie (MSCA-IF-GF) projektmen keresztül mutatom be, hogyan juthat el egy magyarországi kutató egy jó ötlettel oda, hogy az egyik legkompetitívebb Európai Unió mobilitási ösztöndíj elnyerésével a világ egyik TOP 50 egyeteme közé sorolt intézetben kutathasson. Pontról-pontra bemutatom, hogy milyen buktatókkal és nehézségekkel kell(ett) megküzdennem a projekttervezés, pályázás és a kivitelezés különböző fázisaiban. A fókuszban kivételesen nem feltétlenül csak a szakmai kérdések fognak állni, hiszen egy projekt emberi oldala legalább annyi kihívást tartogathat.

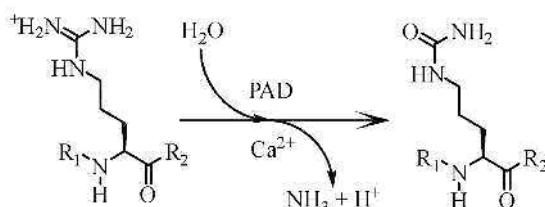
NÍVÓDÍJAS ELŐADÁSOK SZEKCIÓJA I.

Humán peptidil-arginin-deimináz enzimek autocitrullinációjának vizsgálata tömegspektrometriával

Fehárvári Eszter^a, Schlosser Gitta^a, Papp Dávid^a

^aMTA-ELTE Lendület Ionmobilitás-tömegspektrometria Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter Sétány 1/A

A fehérjék citrullinációja, egy fontos poszt-transzlációs módosulás, melynek következtében a citrullinálódott fehérjék felhalmozódása számos neurodegeneratív, autoimmun és rákos megbetegséggel kapcsolatba hozható. Eddigi kutatások alapján ezen betegségek közé tartoznak például a rheumatoid arthritis, az Alzheimer-kór és a sclerosis multiplex. [1][2] Az elmúlt években kimutatták, hogy a fehérjék túlzott deiminációja és a peptidil-arginin deimináz (PAD) enzimek felhalmozódása hozzájárult a fentebb említett betegségek kialakulásához és progressziójához.[3] Munkám során PAD enzimek autocitrullinációját tanulmányoztam a fehérjék és peptidek szerkezetvizsgálatában és a poszt-transzlációs módosulások azonosításában is kiemelkedő fontosságú HPLC-MS/MS technika alkalmazásával.



Kísérleteim fő célja a citrullinációt okozó peptidil-arginin deimináz enzimesaládon belül a PAD2 és PAD4 enzimek *in vitro* autocitrullinációja során citrullinná alakult argininek azonosítása volt. Céлом volt az autocitrullináció időfüggésének vizsgálata maximum két napig tartó inkubációs idő mellett. A módosítási helyek felderítéséhez a fehérjéket enzimatisz emésztésnek terveztem alávetni párhuzamosan két különböző emésztőenzimmel (tripszin, ProAlanáz), majd a keletkező peptideket HPLC-MS/MS módszerrel terveztem azonosítani egy nagy felbontású és nagy tömegpontosságú tandem tömegspektrométerrel.

A peptidterképezésből nyert MS/MS spektrumok részletes vizsgálatával megbízhatóan azonosítottam a citrullinált peptideket, mind a citrullinációra jellemző 0,984 Da tömegnövekedés, mind citrullin specifikus izociánsav (HNCO) semlegesvesztés bizonyításával. Eredményeim azt mutatják, hogy a PAD2 enzim esetében a citrullinációs találatok a szekvenciában random eloszlást mutatnak, viszont a PAD4 enzim esetében a szekvencia közepére összpontosulnak. A 484-es pozíciójú citrullinált arginin az enzim aktív helyéhez is közel esik, amiből következhet, hogy a PAD4 enzim esetén az autocitrullináció befolyásolhatja az enzim aktivitását és még akár a szubsztrátspecifitását is. Az azonban mind a PAD2, mind a PAD4 enzim esetében megfigyelhető, hogy a legtöbb citrullinálódott arginin az enzim Ca^{2+} -ion kötőhelyeinek közelében alakult át. Eredményeim fontos új információkkal szolgálhatnak a PAD enzimek *in vivo* autocitrullinációjának és szerkezeti összefüggéseinek megértéséhez.

[1] Claudio Soto, Nat. Rev. Neurosci., **2003** (4), 49–60.

[2] A. Suzuki, K. Clin. Exp. Rheumatol., **2015** (33), 40–43.

[3] S. Mondal, P. R. Thompson, Acc. Chem. Res., **2019** (52), 818-832.

Szeretném megköszönni témavezetőim (Dr. Schlosser Gitta és Papp Dávid) odaadó munkáját, akik nélkül kutatásom nem készülhetett volna el.

Szerves és szervetlen részecske diszperziók ICP-MS vizsgálatára alkalmas 3D nyomtatott mintabeviteli rendszer fejlesztése és alkalmazása

Kajner Gyula^a, Galbács Gábor^a

^a Szegedi Tudományegyetem, Molekuláris és Analitikai Kémiai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 7-8.

Az induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) egy sokoldalú, széleskörben elterjedt (ultra)nyomelemanalitikai méréstechnika, melyet elsősorban folyadékminták analizálására alkalmaznak közel négy évtizede [1]. Az egyrészecske ICP-MS (spICP-MS) egy speciális ICP-MS alapú mérési módszer, amely részecskediszperziók (nanorészecske, sejt) karakterizálásra alkalmas [2]. Az ICP-MS műszerekben használt sztenderd mintabeviteli rendszerek nagy veszteségeik és szűk transzmittált cseppméreteloszlásuk miatt nem alkalmasak spICP-MS mérések hatékony kivitelezésére. Emiatt az utóbbi években elkezdtek megjelenni alternatív mintabeviteli rendszerek, melyek ezen problémákat hivatottak orvosolni [3].

Diplomamunkámban, az irodalomban elsőként egy teljes mértékben 3D nyomtatással készült ICP-MS mintabeviteli rendszer fejlesztése és alkalmazása került bemutatásra. A munkában bemutattuk a mintabeviteli rendszer tervezését, geometriájának finomhangolását numerikus (COMSOL Multiphysics) szimulációkon keresztül, üzemi paramétereinek optimalizálását oldatminták, nanodiszperziók és sejtszuszpenziók segítségével. Emellett összehasonlításra kerültek benne a 3D nyomtatott és a sztenderd mintabeviteli rendszer által generált aeroszol tulajdonságai, illetve a két rendszer analitikai teljesítőképessége sejtek és nanorészecskék egyrészecske ICP-MS analízise során. Végül egy alga sejttörzsön végzett sejtbiológiai méréssorozattal demonstráltuk, az új mintabeviteli rendszer előnyeit. Az a kísérleti eredmények alapján a 3D nyomtatott rendszer segítségével javítható az spICP-MS technika több fontos teljesítményjellemzője is; a részecske detektálási hatékonyság (kb. négyszeresére), a kimutatási határ, a jel/zaj viszony, illetve általa a módszer alkalmazhatóvá válik 10 μ m és 25 μ m közötti átmérővel rendelkező sejtek vizsgálatára is, amely számos új alkalmazási lehetőséget biztosít sejtbiológiai vizsgálatok során. Ezen tanulmánnyal elsőként mutattuk meg, hogy a 3D nyomtatással is előállítható olyan mintabeviteli rendszer, amelynek teljesítménye vetekszik a hagyományos technológiákkal gyártott rendszerekével.

- [1] F. Vanhaecke, P. Degryse: *Isotopic analysis: fundamentals and applications using ICP-MS*, Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2012 (első kiadás) 31–517.
- [2] M. D. Montano, J. W. Olesik, A. G. Barber, K. Challis, J. F. Ranville: *Anal. Bioanal. Chem.* **2016** (408), 5053–5074.
- [3] J. L. Todolí, J. M. Mermet: *Spectrochim. Acta Part B: At. Spectrosc.* 2006, 61, 239-283.

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Galbács Gábornak, hogy munkámat minden erejével támogatta, emellett köszönöm Bélteki Ádámnak, Cseh Martinnak, Vajda Balázsnak, Dr. Geretovszky Zsoltak, Dr. Ajtai Tibornak, Dr. Maróti Gergelynek és Papp Bernadettnek, hogy segítséget nyújtottak munkám elkészültében. Illetve köszönöm a pénzügyi támogatást a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapjától.

Bifenilén tartalmú diaril-etén fotokapcsolók előállítása és vizsgálata

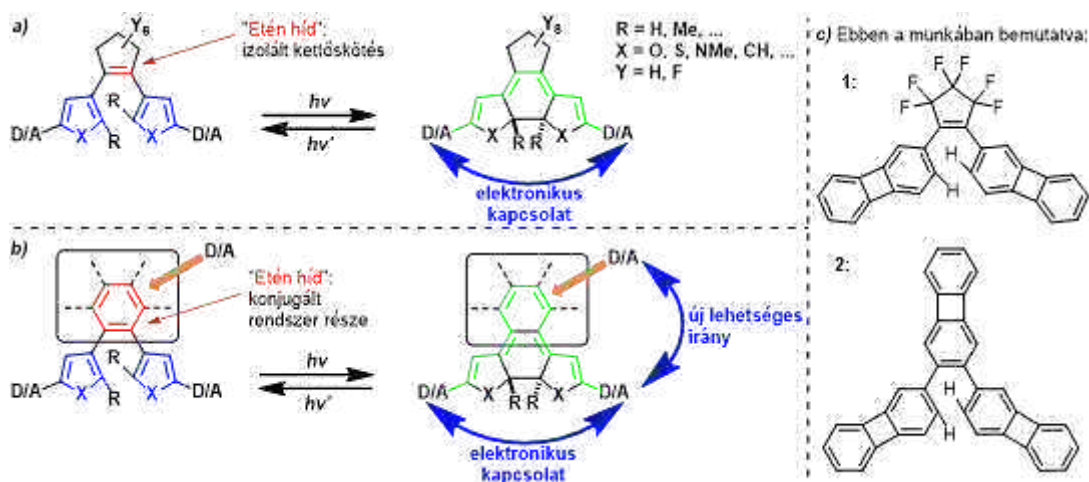
Zsignár-Nagy Barnabás^a, Mayer Péter J.^a, Dr. London Gábor^{a,*}

^aHUN-REN TTK, 1117, Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

A diaril-etén (DAE) típusú fotokapcsolók kiemelkedő kapcsolási teljesítményük miatt a szerves opto-elektronikától az orvosi biológiáig széleskörben alkalmazottak [1]. Fotokapcsolásuk során geometriájuk kis mértékben, míg molekulán belüli elektromos vezetőségük jelentősen megváltozik (ábra, a). Emiatt alkalmasak molekuláris áramkörök kiépítésére, tovább csökkentve a mikroelektronika mérettartományát [1].

Limitációjuk, hogy csak két régiójuk között változik a vezetőségük, pedig ha további régiókat is befolyásolnának, azzal még komplexebb áramköröket lehetne kialakítani [2]. Emiatt nagy az érdeklődés az etén híd konjugált rendszerbe ágyazása iránt (ábra, b) [3]. Kutatócsoportunk publikált olyan DAE-t, melyben az etén hidat bifenilén szolgáltatja [4]. Mivel ez a fotokapcsoló beváltotta a hozzá fűzött reményeket, fontos volt a bifenilén további alkalmazhatóságának vizsgálata.

Ebben a munkában bemutatok két új, bifenilén részeket tartalmazó fotokapcsoló (ábra, c) szintézisét, és az eddig elvégzett fotokémiai jellemzését. Másik kutatónk előző munkájának [4] komplementereként először azt vizsgáltam, hogy a bifenilén a DAE-k diaril részeként is tud-e funkcionálni (1), majd egy olyan fotokapcsolót is vizsgáltam, melynek minden alegysége bifenilén (2). Munkám részeként fontos intermedierek szintézisét is kidolgoztam.



[1] H. B. Cheng, S. Zhang, J. Yoon *et. al: Adv. Mater.*, **2022** (34), 2108289.

[2] S. J. Molen, P. Liljeroth: *J. Phys. Condens. Matter*, **2010** (22), 133001.

[3] B. Oruganti, P. P. Kalapos, B. Durbeej *et. al: J. Am. Chem. Soc.*, **2020** (142), 13941–13953.

[4] P. P. Kalapos, P. J. Mayer, G. London *et. al: J. Org. Chem.*, **2022** (87), 9532–9542.

Az alábbi sorokkal szeretném megköszönni témavezetőim – Mayer Péter és London Gábor – munkáját, nélkülük kutatásom nem készülhetett volna el.

Átmenetifém-oxid tartalmú halloysit nanokompozit fotokatalizátorok fejlesztése

Tóth Eliza^a, Zsirka Balázs^b, Vágvölgyi Veronika^b

^a Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Bio-, Környezet és Vegyészmérnöki Kutató-Fejlesztő Központ, Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium,

^b Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Természettudományi Központ, Analitikai Kémia Kutatócsoport

A természetes agyagásványok környezetbarát jellegük, előnyös, módosítható felületi és fizikai-kémiai tulajdonságaik, valamint kedvező áruk miatt ígéretes nyersanyagok lehetnek a korszerű környezettechnológiában és a kármentesítés területén is. Felhasználásuk jelenleg széleskörű (ipar, mezőgazdaság, gyógyászat). A halloysit (1:1 típusú agyagásvány) kismértékű fotokatalitikus aktivitása kompozitképzéssel, például átmeneti-fémoxidok felületi rögzítésével, jelentősen javítható. A környezettechnológiai alkalmazás elősegítéséhez az energiahatékonyabb mágnesszeperációs elválasztás is alkalmazható lehet, centrifugálás helyett, amennyiben a kompozit mágnesszeperálhatóságát magnetit részecskék beágyazásával biztosítjuk.

Dolgozatom célja halloysit hordozón rögzített magnetit és nikkel/cink vegyesoxid tartalmú kompozitok laboratóriumi szintézise, szerkezetvizsgálata, mágneses elválaszthatóságának és fotokatalitikus aktivitásának minősítése. A magnetit előállításához, vas(II)-klorid és vas(III)-klorid oldatokból kiinduló szintézis megtervezése és kivitelezése volt a kritikus lépés. A sikeres magnetit szintézis után, a megfelelő magnetit arányt a magnetit-halloysit kompozitok előzetes ülepedhetőségének és a mágneses szuszceptibilitásának eredményeiből határoztam meg. A vegyesoxidok előállítása a magnetit-halloysit kompozit felületén csapadékképzéssel Ni(OH)_2 és Zn(OH)_2 prekursoron keresztül, hőkezeléssel történt. Az előállított minták szerkezetét nagyműszeres analitikai módszerekkel minősítettem (XRD, FTIR-ATR, BET-SSA, TEM-EDX), a magnetitet tartalmazó kompozitok mágneses szuszceptibilitása impedancia spektroszkópia alkalmazásával került meghatározásra. Az optimális NiO/ZnO aránnyal kialakítottam a magnetit-halloysit kompozitokat, amelyben a vegyesoxid tartalom 20-30 m/m%, a magnetit tartalom 40-48 m/m% között változott. Az előállítás sikerességét és a szerkezetváltozást XRD és FTIR segítségével követtem nyomon. Az előállított vegyesoxidot tartalmazó mintákban UV bevilágítás hatására keletkező $\bullet\text{OH}$ gyökök mennyiségét kumarin gyökbefogó és emissziós spektroszkópia alkalmazásával határoztam meg.

Kulcsszavak: halloysit-kompozit, magnetit-kompozit, vegyesoxid, mágnesszeperáció, fotokatalizátor

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. (Tóth Eliza)

Szupramolekuláris és katalitikus kémiában előforduló bonyolult molekuláris kölcsönhatások pontos modellezése

Lőrincz Balázs^a, Nagy Péter^a

^aBME Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék, 1111 Budapest Műegyetem Rkp.3. F ép. I. lh. mfszt.

A bio- vagy katalitikus kémiában nagy számban jelen lévő, pl. a reakciómechanizmust is jelentősen befolyásoló intermolekuláris kölcsönhatások kísérleti és számítógépes modellezés alapú vizsgálata is rendkívül bonyolult. Például a számításhoz kémiában rutinszerűen alkalmazott sűrűségfunkcionál módszerek a távolra ható kölcsönhatásokat jelentős közelítésekkel tudják csak kezelni. Ezzel szemben a nagy pontosságú hullámfüggvény módszerek (pl. a csatolt klaszter, coupled cluster, CC módszer) szisztematikusan pontosíthatók, de hagyományos formájukban 20-25 atomos molekulákra is már túlságosan számításigényesek. További nehézség, hogy a nem kovalens kölcsönhatások pontos modellezésére jóval kiterjedtebb báziskészletet kell alkalmaznunk.

A hullámfüggvény módszerek számítási igényének csökkentésére a BME Spektroszkópia Kutatócsoport is javasolt hatékony eljárásokat (lokális természetes pálya, local

natural orbital, LNO módszer), így akár több száz atomos molekulák pontos vizsgálata is lehetővé vált [1]. Egy közelmúltban készült tanulmány azonban megmutatta, hogy a kiterjedt és polarizálható molekulakomplexek esetén az LNO-CCSD(T) és további referencia módszerekkel számított kölcsönhatási energiák néhány bonyolult esetben nincsenek összhangban.[2]

Ezek az előzmények motiválták, hogy a kölcsönhatási energiák számítását tovább pontosítsam a molekulakomplexek monomerei közötti kölcsönható régióba helyezett bázisfüggvények felhasználásával (nem atomcentrált, NAC bázisfüggvények). Mivel a korábbi, viszonylag kis méretű NAC bázist hasznosító tanulmány csak kisebb (10-20 atomos) molekulakomplexeket vizsgált [3], ezért több új NAC bázis alapú számítási protokollt dolgoztam ki, melyek akár több száz atomos komplexekre is alkalmazhatók. Többek közt optimalizáltam a NAC függvények helyzetét, számát, illetve exponenseit a leggyakrabban használt atomcentrált báziskészleteket kiegészítve olyan módon, hogy ez nagyobb és általánosabb szerkezetű molekulakomplexek esetén is alkalmazható legyen. Az új stratégiákat az LNO-CCSD(T) módszerekkel ötvözve kiterjedt szupramolekuláris komplexek kölcsönhatásának, valamint még nehezebben modellezhető organokatalitikus reakciók átmeneti állapotainak leírására hasznosítottam. Az eredmények alapján a kidolgozott NAC bázis alapú módszerek jelentősen növelik a számított molekuláris kölcsönhatások pontosságát, illetve csökkentik a teljes bázis határ eléréséhez szükséges számítási igényt.

[1] Nagy, P.R., Kállay, M., *J. Chem. Theory Comput.* **15**, 5275 (2019)

[2] Al-Hamdani, Y.S., Nagy, P.R., Barton, D., Kállay, M., Brandenburg, J.G., Tkatchenko, A., *Nat. Commun.*, **12**, 3927 (2021)

[3] Matveeva, R., Falck Erichsen, M., Koch, H., Høyvik, I.-M., *J. Comput. Chem.*, **43**, 121 (2022)

NÍVÓDÍJAS ELŐADÁSOK SZEKCIÓJA II.

Monoklonális antitestek elektroporlasztásos ionizációs tömegspektrometriával kapott spektrumainak vizsgálata

Szabó Ruben^a, Gáspár Attila^a

^a*Debreceni Egyetem, Debrecen, Egyetem tér 1, 4032*

A monoklonális antitest hatóanyagot tartalmazó biológikumok analitikájának egyik legjelentősebb eszköze a tömegspektrometria, mely a minta ionizációját igényli. Ennek egyik elterjedt módja az elektroporlasztásos ionizációs technika, mely nagy molekulák esetén számos eltérő töltésformát eredményez. Különböző mAb tartalmú készítmények vizsgálata során a mintában lévő mátrixkomponensek jelentős hatását figyeltem meg az antitest ionizációjára. A cetuximab ionizációját a mintához adott sav és illékony szerves oldószer, valamint a készítményben található detergens eltávolítása elősegítette. Rituximab tartalmú készítményből CE kapillárisba injektált mintadugó és a kapillárisban lévő hangyasav oldat határfelületén mért spektrum jelentős javulást mutatott a tömbfázisban mérthez képest, melyet a nagy molekulatömegű antitest és a kis molekulatömegű mátrixkomponensek különböző mértékű Taylor-Aris diszperziójának köszönhető részleges szeparáció okozott.

Mivel a monoklonális antitestek ESI-MS spektrumában számos töltésforma csúcsa jelenik meg, a spektrumok speciális feldolgozást igényelnek. Az antitest tömegspektrumának dekonvolúciójával egy töltés nélküli spektrumot hozhatunk létre. Ez a mért spektrum egyes töltésformáihoz nagyon hasonló, azonban jobb jel/zaj aránnyal és nagyobb tömegpontossággal rendelkezik, ami az egyes csúcsok azonosítását és azok tömegének meghatározását segíti. A Bruker Maximum Entropy dekonvolúciós paramétereinek hatását vizsgáltam. A dekonvolált tömegtartományt nem célszerű a szükségesnél szélesebbre állítani, mivel az szatellitcsúcsok megjelenéséhez vezethet. Ha a dekonvolúcióhoz túl széles m/z tartományt használunk fel, a dekonvolált spektrumban megnőhet a zaj szintje, túl szűk tartomány esetén viszont a spektrum egyes részletei elveszhetnek, valamint csökkenhet a tömegpontosság. A dekonvolált spektrumban lévő zaj miatt a csúcsmaximumok meghatározásához a spektrum simítására van szükség. Célszerű minél kisebb mértékű simítást végezni, mivel ez a meghatározott tömegeket befolyásolja, valamint apró részletek elvesztését okozhatja. Alapvonal-korrekció alkalmazása esetén a spektrum csúcsai ránézésre jobban elkülönülnek, ez azonban a csúcsok alakjára, valamint a csúcsmaximumok értékére is hatással van, ezért használatát célszerű kerülni.

Három különböző szoftverrel elvégezve ugyanazon spektrum azonos tartományú dekonvolúcióját, a dekonvolált spektrumok nagyfokú hasonlóságot mutattak, az egyes csúcsmaximumok relatív standard deviációja pedig csupán 1 ppm körüli volt. Trastuzumab dekonvolált spektrumát elméleti és irodalmi adatokkal összehasonlítva az egyes csúcsok maximumai többnyire ~ 3 Da-nal az elméleti érték fölött voltak, amit valószínűleg különböző adduktok, más proteoformák jelenléte vagy a tömegkalibráció pontatlansága okozhat.

Hálásan köszönöm a ScanoMed Kft. munkásainak Dr. Nagy Gábornak és Dr. Vágner Adriennek, hogy a monoklonális antitest tartalmú gyógyszerkészítmények biztosították, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatását (ÚNKP-22-2-I-DE-193).

A tehetséggondozás lehetőségei a kémia- és matematikatanítás szempontjából

Makai Tímea Kamilla

Debreceni Egyetem hallgatója

A kémia tanításának sarkalatos pontjai közé sorolandó a tehetséggondozás és a kémia matematikával való kapcsolata. Dolgozatomban ezt tárgyaltam egy új szemszögből. Célom az volt, hogy a Magyarországon jelen levő tehetséggondozás határait feltérképezsem, és az ismereteket a gyakorlatban hasznosítsam.

Rávilágítottam a kémia- és matematikaoktatás kohéziójára és az új NAT (2020) alapján fellelhető problémákra. A Curie Emlékversenyeket elemeztem, mint kémiával foglalkozó verseny családot. Majd a sokak által ismert KÖKÉL és Chemistry Today feladatait is megvizsgáltam a dolgozatban, mely rávilágított a feladattípusok sokféleségére és egyenletes elosztására.

Vizsgálódásom során arra jutottam, hogy a jó versenyeredmények érdekében a számításos feladatok kihagyhatatlanok a tehetséggondozásból. Leggyakrabban az arányossági és a konvergens gondolkodás szükségeltetnek, mint kompetenciák a versenyfeladatok megoldásához. Ezen ismeretekkel felvértezve céltudatosabban tudjuk készíteni a diákjainkat a versenyekre.

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Fejesné Dr. Dávid Ágnesnek, a Kémia Intézet Szakmódszertani csoportjának az oszlopos tagjának, amiért fáradtságot nem kímélve segített megvalósítani ezt a dolgozatot. Köszönetemet szeretném kifejezni a Curie Kémia és Környezetvédelmi Tehetségsegítő Tanács minden tagjának a szakadatlan munkájukért és azért, mert nagy szeretettel felkaroltak.

Ezen szakdolgozat a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Kémia Intézetének keretein belül valósult meg.

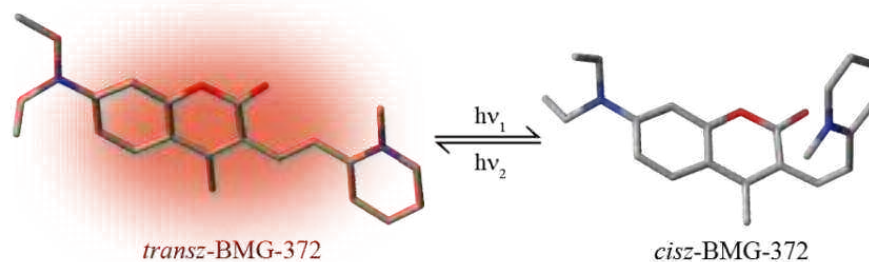
Kumarinvázis fotokapcsoló gerjesztett állapotú folyamatainak vizsgálata

Kiss Etelka, Dr. Kubinyi Miklós, Dr. Hessz Dóra

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék*

A fotokróm vegyületek különleges tulajdonsága, hogy adott hullámhosszú fénnyel besugározva megváltozik a molekuláris szerkezetük. A reakció reverzibilis, a visszaalakulás történhet más hullámhosszú fény hatására vagy termikus úton. A fotokapcsolók olyan speciális fotokróm vegyületek, melyekre nem jellemző a termikus visszaalakulás, szerkezetüket tartósan megőrzik. Optikai szenzorokban és memóriákban, valamint gyógyszermolekulák célba juttatásában való alkalmazásuk új dimenziókat nyit az anyagtudomány és orvostudomány számára.

Kutatásaimban a 7-dietilamino-4-metil-kumarin-3-il-vinil-metilpiridin-1-ium-jodid (BMG-372) fotokapcsoló molekulát vizsgáltam, amely zöld fény hatására a stabilabb transz-formából citromsárga cisz-formává alakul át. UV-sugárzás hatására visszaalakul a narancssárga transz-formává. A BMG-372 új vegyület, a Természettudományi Kutatóközpontban állították elő.



Mivel a két forma színe eltérő, a fotoizomerizációs reakció mindkét irányba követhető UV-Vis abszorpciós spektroszkópia segítségével. A fluoreszcencia kísérletek azt mutatták, hogy a transz forma erősen emittál, ezzel szemben a cisz forma emissziója nem mérhető.

A gerjesztett állapotban végbemenő folyamatokat kémiai aktinometriás és fluoreszcencia kvantumhatásfok méréssel vizsgáltam. A kísérleti eredményeket összevettem a Tanszéken végzett kvantumkémiai számítás eredményeivel, mely igazolta a termikus visszaalakulás kis valószínűségét. A két forma szerkezetét optikai és NMR spektroszkópiai módszerrel igazoltam.

A fotoizomerizációs reakciók mindkét irányba olyan fotostacionárius állapotokhoz vezettek, amelyek az izomereket nagy feleslegben tartalmazzák: a transz $\rightarrow$ cisz reakció esetén a fotostacionárius elegy 91 mol% cisz, a cisz $\rightarrow$ transz reakció ~100 mol% transz izomert tartalmazott. A fotókapcsolóként történő alkalmazás szempontjából fontos, hogy többször ismételt oda-vissza kapcsolást követően acetonitrilben és vízben sem tapasztaltunk számottevő fotofáradást. Minden kísérletet reprodukáltunk vizes oldatban is, bizonyítva, hogy a vegyületünk vízzeloldható fotókapcsolóként működik, ez lehetőséget teremt további, orvosi kémiában, biológiai képalkotásban alkalmazható kumarinvázis fotókapcsolók kidolgozására.

Kopolimerek karakterizálása gél permeációs kromatográfia és neurális háló alkalmazásával

Benedek Máté

A gél permeációs kromatográfia egy általánosan használt eljárás polimerek és kopolimerek molekulatömegének analíziséhez, azonban olyan fontos információkat, mint például kopolimerek összetétele, nem tud szolgáltatni. Azonban létrehoztunk egy gél permeációs kromatográfián és neurális hálók alkalmazásán alapuló módszert a kopolimerek részletes karakterizálásra. Ennek alapját különböző polaritású eluensekkel végzett GPC-mérések jelentették. Mesterséges neurális hálókat fejlesztettünk ki a párhuzamos GPC-s mérések során kapott adatok feldolgozására, valamint a kopolimerek molekulatömegének és kémiai összetételének meghatározására. A neurális hálók célértékeit MALDI-TOF tömegspektrometriával és NMR spektroszkópiával kaptuk. Munkánk legfőbb előnye, hogy a GPC, MALDI-TOF MS és ^1H NMR által kapott adatainkat tartalmazó adatbázis bármikor elérhető és bővíthető további kísérleti eredményekkel, valamint a neurális hálók tömegtartománya és pontossága is tovább javítható. Az összes mért adat és Excel-dokumentum nyilvánossá tehető, ami lehetővé teszi a kifejlesztett neurális hálók közvetlen gyakorlati alkalmazását, például egy három GPC módszerrel lemért poloxamer további injektálások és egyéb mérések nélkül karakterizálható.

Computational Study of Base-Catalyzed Thioester Isomerizations

Laczkó Gergely^a, Pápai Imre^b, Madarász Ádám^b

^a Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Kémiai Intézet

^b Természettudományi Kutatóközpont, Szerves Kémiai Intézet, Elméleti Kémiai Kutatócsoport

Pihko and his co-workers studied the isomerization of β,γ -unsaturated-thioesters with pivalate salts and amide catalysts. Our research group investigated the mechanism of these reactions in collaboration with the Pihko group [1] and in my thesis I discuss the mechanistic study in detail. Most of the computations were carried out utilizing the density functional theory (ω B97X-D) and the most important results were validated with ab initio (LNO-CCSD(T)) calculations.

We first modeled the isomerization reactions with a pivalate anion (piv) as a catalyst, i.e., neglecting the counterions. We found that the reaction proceeds through three steps (deprotonation of the α -carbon, rearrangement, reprotonation at the γ -position) and among these, reprotonation is the rate determining step. According to the experiments, the reaction was faster with the cis thioester. The computed barrier is lower with the cis substrate and the difference can mainly be attributed to the different stability of the cis and trans enolates.

The reaction proceeds similarly with the other two catalyst 1,8-diazabicyclo(5.4.0)undec-7-ene (DBU) and triethyl-amine (TEA), and reprotonation was found to be rate determining in all the cases. The barriers are slightly higher with DBU than with piv, which is in contrast with the experimental order of the reactivities (faster reaction with DBU). The contradiction likely originates from the omission of the counterions. We investigated the possible coordination of the applied cations tetramethyl-ammonium (TMA) and tetramethylguanidinium (TMG) and we could account for the lower reactivity of TMG-piv (it stabilized the reference state to a greater extent than the transition state) but not the TMA-piv, so the weakly coordinating TMA may have a less trivial effect.

Pihko et al. carried out experiments with β,γ -deuterated thioesters as well. We determined the experimental kinetic isotope effect (KIE) with the assistance of kinetic simulations. Both the KIE of the forward and the reverse reaction is in agreement with the theoretical (DFT) isotope effects, so we could conclude that indeed reprotonation is the rate determining step. The atomic charges in the enolates suggest that the electron density is greater at the α -position, which explains why this carbon is protonated through a lower barrier.

[1] S. Riuttamäki, G. Laczkó, A. Madarász, T. Földes, I. Pápai, P. M. Pihko, *Chem, Eur. J.*, **2022** (28), e202201030

I would like to express my gratitude to my supervisors Imre Pápai and Ádám Madarász, and Attila Császár and Ákos Galvács for checking the thesis.

BIOCHEMISTRY/BIOKÉMIA SZEKCIÓ

Magnetic polymer nanoparticles for mitomycin delivery: synthesis, characterization, and in vitro drug release

Keristina Wagdi K. Amin^{a,b}, Mohamed M. Abdelghafour^{a,c}, Viktória Hornok^a, Tamás Kiss^a,
Diána Szabó^d, László Rovó^d, László Janovák^{a*}

^a*Department of Physical Chemistry and Materials Science, University of Szeged, Hungary.*

^b*Department of Chemistry, Faculty of Science, Suez Canal University, Egypt.*

^c*Department of Chemistry, Faculty of Science, Zagazig University, Egypt.*

^d*Department of Oto-Rhino-Laryngology and Head & Neck Surgery, University of Szeged, Hungary.*

Mitomycin C (MMC) has been used for many years in the medical field because of its ability to work as an antifibrotic, antibiotic, and antineoplastic agent. But it is associated with several side effects, such as gastrointestinal and renal damage, which can lead to a reduction in the required dosage. These undesirable effects are always attributed to its high level of toxicity and lack of selectivity. So, it was necessary to target MMC to the infected tissues by developing a targeted drug delivery system. To reach this goal, succinyl polyvinyl alcohol (PVA-SA), which can form self-assembled NPs, and magnetic nanoparticles (MNPs), which are good at targeting, were first synthesized. Then, self-assembled magnetic polymeric NPs were produced in a simple one-step process (at room temperature) without the use of any toxic crosslinkers. Before MMC encapsulation, different MNP weight ratios (5, 10, 15, and 20 wt%) are added to the system. The purpose of that was to determine the maximum MNP amount that could be used to provide stable colloidal dispersions. The formation of self-assembled NPs was successfully confirmed using turbidity, DLS, and TEM measurements. Based on turbidity studies, it was found that attaching PVA-SA to MNP doesn't change its ability to form self-assembled particles. According to DLS, dispersing NPs in phosphate-buffered saline (pH 7.4, 0.9% NaCl) reduced particle size and enhanced size homogeneity. Moreover, TEM confirmed the spherical morphology of both PVA-SA and MNPs-PVA-SA NPs. Increasing MNP content up to 10 wt% showed high suspension stability and good size stability as a function of time. Moreover, samples containing either 5 wt% or 10 wt% MNPs achieved high MMC binding efficiencies (98%). The MMC-loaded NP size was about 96.5±9.1 nm at 5% MNP content and 128±9 nm at 10% MNP content. In contrast to the free MMC, the bound one showed prolonged release under physiological conditions, with a cumulative drug release of 50%. All NPs exhibited good magnetic responses. Hopefully, the presented polymeric NPs with both favourable magnetic properties and prolonged drug release will be used as a targeted drug delivery system.

Acknowledgments

This work was supported by the (OTKA) K 132446, UNKP-23-5 New National Excellence Program and János Bolyai Research Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences.

Development of corticosteroid-loaded liposomes

Bálint Budavári^aPharmD, Angéla Jedlovszky-Hajdú PhD^a, Krisztina S. Nagy^a PhD

*^aDepartment of Biophysics and Radiation Biology, Laboratory of Nanochemistry, Semmelweis University.
(1085 Budapest, Üllői út 26.)*

Introduction: Liposomes are nanoscale drug delivery systems that have many benefits regarding biodistribution, absorption and controlled drug release. Corticosteroids are lipophilic active agents which means that they integrate into the lipid bilayer. This novel approach can improve the efficacy of several anti-inflammatory therapies.

Aims: Our goals were to create liposomes with long-term stability, furthermore which can incorporate and release corticosteroids at inflamed body temperature. Considering the possible future application in asthma therapy, we also aimed at reaching high entrapment efficacy and slight drug leakage from the vesicles.

Methods: Two kinds of liposome samples were prepared from three different kinds of phospholipids by the widely used thin layer hydration method and subsequent extrusion to get small unilamellar vesicles. Prednisolone (Pred) and budesonide (Bud) were used as active agents. Stability tests were executed by dynamic light scattering (DLS) while entrapment efficacy was determined by size-exclusion gel chromatography. The effect of liposomal drugs on cell viability was measured on the EBC-1 human lung carcinoma cell line. The internalization of the liposomes was studied by flow cytometry and confocal microscopy too.

Results: Unilamellar vesicles with 100 nm in diameter were successfully prepared. Their hydrodynamic diameter has remained in the desired range through 12 months in case of the vast majority of the samples. It turned out that the type of the corticosteroid has only weak effect on the stability of the liposomes but their presence is more important. The entrapment efficiency was exceptionally high in both cases (between 74-87%) and the drug leakage was 35-40 % for Pred and 6-8 % for Bud in the first 30 min. Neither the free corticosteroids, nor their liposomal form affected significantly the cell viability. Confocal microscopy images and flow cytometry results proved equally the internalization of the vesicles by the cells.

Conclusion: We have successfully created corticosteroid-loaded liposomes with long-term stability (12 months) and excellent entrapment efficiency due to the lipophilic character of the applied drugs. Furthermore, they are not toxic and can be internalized by the investigated pulmonary cells.

Funding:

Semmelweis 250+ Excellence PhD Scholarship, EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00009, NKFI FK 124147, TKP2021-EGA-23

The interaction between mucin and poly(amino acid)s with controlled cationic group content

**Gergely Stankovits^a, Ágnes Ábrahám^b, Éva Kiss^b, Zoltán Varga^{a,c}, András Szilágyi^a,
Benjámin Gyarmati^a**

^aDepartment of Physical Chemistry and Materials Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3., H-1111 Budapest, Hungary

^bLaboratory of Interfaces and Nanostructures, Institute of Chemistry, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter Sétány 1/A, H-1117 Budapest, Hungary

^cResearch Centre for Natural Sciences, Institute of Materials and Environmental Chemistry, Magyar tudósok körútja 2, H-1117 Budapest, Hungary

Mucosal surfaces are important targets for drug formulations as they provide high permeability and enable avoiding first-pass metabolism [1]. The two main concepts for utilising these surfaces are mucoadhesion and mucopenetration; both require the fine-tuning of colloidal interactions between the polymer excipient(s) of the formulations and the mucin proteins, the major component of the mucus secreted by the mucosa. Our goal here is to reveal the role of charge density in mucin-polymer interactions both in dispersion and in thin layers. To this end, the class of polyaspartamides was chosen because of their chemical versatility, biocompatibility and biodegradability [2]. Polyaspartamides were characterised by size exclusion chromatography, potentiometric titration and haemolysis assay. Colloidal interactions between the mucin protein and synthetic polyaspartamides were tested by dynamic light scattering, zeta potential measurements and turbidimetric titration as a function of polymer-to-mucin mass ratio (3D methods). Mucin-polymer interactions were further analysed in a thin mucin layer (2D) to model life-like situations using a quartz crystal microbalance (QCM) in flow mode (Figure 1). The highest adsorption on mucin occurred at intermediate cationic side group content shown by QCM, and a close correlation was found between the bulk (3D) and thin layer (2D) interactions [3].

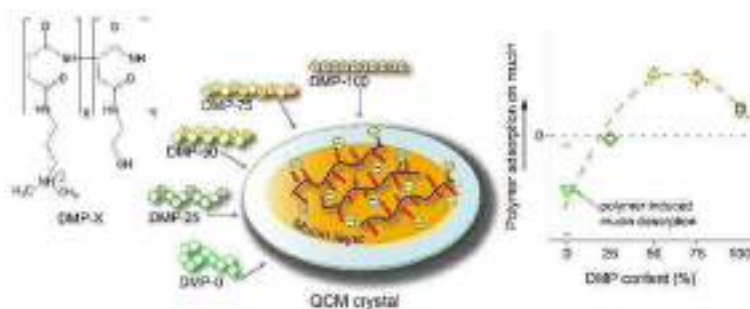


Figure 1. Adsorption of polyaspartamides with different cationic side group content on a thin layer of mucin adsorbed on a QCM crystal [3]

[1] J. D. Neves et al.: Chemical Society Reviews **2020** (49), 5058–5100

[2] A Mammadova et al.: Journal of Materials Chemistry B **2022** (10), 5946-5957

[3] G Stankovits et al.: Int J Biol Macromol **2023** (253), 126826

Project no. TKP-9-8/PALY-2021 has been implemented with the support provided by the Ministry of Culture and Innovation of Hungary from the National Research, Development and Innovation (NRDI) Fund, financed under the TKP2021-EGA funding scheme. Further support was provided by the NRDI Office via grants FK 138029 and 2021-4.1.2-NEMZ_KI-2022-00026. Supported by the ÚNKP-23-3-II-BME-185 New National Excellence Program of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.

A mukoadhézió értelmezése hidrogél felszínen

Szayly Kata, Stankovits József Gergely, Gyarmati Benjámín Sándor

Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műgyetem rkp. 3., H-1111 Budapest

A szisztémás és helyi gyógyszeradagolás egyre népszerűbb módja a mukoadhezív tablettákkal és tapaszokkal különböző nyálkahártyákon keresztül megvalósuló hatóanyag-leadás. A mukoadhézió során lejátszódó folyamatok tanulmányozása és megértése ezért igen fontos, ugyanakkor a biológiai mintákon végzett vizsgálatok a minták természetes diverzitása miatt nehézkes. Több kutatás is arra az eredményre jutott, hogy szintetikus nyálkahártya-analógok segítségével a szilárd dózisformák mukoadhéziójának erőssége jól előrejelezhető lehet [1]. A szintetikus analógok fontos előnye a biológiai mintákhoz képest a könnyebb kezelhetőség és a jobb reprodukálhatóság. A polimer hidrogélek ígéretes nyálkahártya-analógok, mely elsősorban a természetes nyálkahártyához hasonlóan viszkoelasztikus sajátosságuknak köszönhető [2][3]. Ezen rendszerek nyálkahártya-analóggént történő alkalmazásához nélkülözhetetlen az adhéziós viselkedésük minél átfogóbb megismerése, mely a szakirodalomban még csak kevés vizsgált terület.

A Lágú Anyagok Kutatócsoport mesterséges nyálkahártya-analóg hidrogéleket fejlesztett ki az elmúlt években a mukoadhézió reprodukálható modellezésére [4]. A témához kapcsolódóan saját kutatómunkám lényegi része poli(vinil-alkohol) (PVA) hidrogélek felszínén szilárd polimer tabletták tapadásának jellemzése, valamint a tapadást a nyálkahártya-analóg részéről befolyásoló tényezők felderítése. A mérésekhez fagyasztás-olvasztásos módszerrel fizikailag térhálósított PVA géleket állítottam elő. A hidrogélek viszkoelasztikus tulajdonságait kétféle módon, a polimer koncentráció, valamint a fagyasztás-olvasztás ciklusok számának változtatásával szabályoztam. Az elkészített hidrogéleket oszcillációs reológiai vizsgálattal jellemeztem. Ezen hidrogéleken általam préselt polimer referencia tablettákkal egytengelyű nyújtással mértem az adhéziós munkát és az adhéziós erőt. Megállapítottam, hogy a hidrogélek viszkoelasztikus tulajdonságai és az adhézió erőssége között szoros összefüggés áll fenn. Következő lépésként a valódi nyálkahártyák kémiai funkcionalitását jobban modellező, mucin fehérjét, a nyálkahártya fő makromolekuláris elemét is tartalmazó PVA hidrogéleket állítottam elő. A mucin fehérje mukoadhézióban betöltött szerepe igen fontos a mucin-polimer (dózisforma) másodrendű kölcsönhatásokon keresztül. A várákosoknak megfelelően a hidrogélek viszkoelasztikus tulajdonságait a mucin jelenléte a nyálkahártyához hasonlatosabbá tette, és a továbbiakban ezen hidrogéleken fogom tanulmányozni az adhéziós sajátosságokat.

[1] M. T. Cook, V. V. Khutoryanskiy: *Int. J. Pharm.*, **2015** (495), 991-998

[2] D. J. Hall et al.: *Soft Matter*, **2011** (7), 9620-9623

[3] N. A. Peppas, J. J. Sahlin: *Biomaterials*, **1996** (17), 1553-1561

[4] B. Gyarmati et al.: *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, **2022** (213), 112406

A Kulturális és Innovációs és Minisztérium ÚNKP-23-1-I-BME-203 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA FK 138029 projektje támogatta.

Elnyújtott hatóanyag-leadás poliszukcinimid és poli(vinil-pirrolidon) alapú szálas mátrixokból

Mihalovics Bence, Gyarmati Benjámin, Szilágyi András

Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műegyetem rkp. 3., H-1111 Budapest, Hungary.

A szem bakteriális és vírusos fertőzésének kezelése topikális gyógyszerkészítmények segítségével történik. A lokálisan alkalmazott gyógyszerkészítmények számos hátránnyal rendelkeznek, melyek a szem védekező mechanizmusaiból (könny-kiválasztás, pislogás) adódnak. A leggyakrabban alkalmazott szemészeti gyógyszerformula, a szemcsepp, kis biohasznosulása (~5-10 %) is nagyrészt ezen mechanizmusok következménye. Megoldást nyújthat a biohasznosulás növelésére amorf szilárd diszperziók inzerként történő alkalmazása. A retard szemészeti inzertereket szemhéj alá helyezve hosszú időintervallumban biztosíthatjuk a hatóanyag kívánt terápiás koncentrációját, kiküszöbölve a szemcseppek pontatlan adagolását is [1].

Amorf szilárd diszperziók előállítására korszerű lehetőség az elektrosztatikus szálképzés. A technológia alapja, hogy egy nem zérus dipólus momentummal rendelkező molekulákból felépülő folyadék egy elektrosztatikusan töltött és egy földelt fém között elmozdul, sugarat képez. Polimer oldatok esetében a folyamat során az oldószer elpárolog, a statikusan töltött polimer láncok pedig taszítják egymás. A polimer szálat érő húzófeszültség a keletkező szálat teljes száradás előtt megnyújtja, ezzel annak átmérője jelentősen csökken. A szálképzést számos paraméter befolyásolja. Ezeket általában három csoportra osztjuk: a polimer oldat fizikai-kémiai tulajdonságai (viszkozitás, felületi feszültség és vezetőképesség), a technológiai paraméterek (a polimer oldat térfogatárama, az elektromos feszültség és a szálképző kapilláris-szálfogó távolság (emitter-kollektor távolság)) és a környezeti tényezők (hőmérséklet, relatív páratartalom) [2].

Munkám célja egy időben elnyújtott hatóanyag-leadást biztosító polimer mátrix előállítása volt elektrosztatikus szálképzéssel. A kutatás célja egy, a szemészetben alkalmazható antibiotikummal, a rifampicinnel, kapcsolatban felmerülő problémák megoldása volt. A rifampicin szemészeti alkalmazása jelenleg magisztrális szemcsepp formájában történik. A szemcseppek fentebb említett hátrányain túl felmerül a rifampicin stabilitásának problémája is, ugyanis vizes közegben a hatóanyag hidrokinnon-kinon átalakulást szenved [3]. Ezen problémákat egy poliszukcinimid (PSI) és poli(vinil-pirrolidon) (PVP) polimert tartalmazó szálas mátrix előállításával küszöböltem ki. A rifampicin stabilnak bizonyult a szálképzés oldószerében (dimetil-formamid). A szálképzési kísérletek során bizonyítottam, hogy nagy molekulatömegű PVP kis mennyiségben (<5 % a PSI-re nézve) elősegíti a kis molekulatömegű PSI szálképzését. Az elnyújtott kioldódást a két polimer vízzoldhatóságának különbsége biztosította.

[1] P. Pahuja et al.: *Expert Opin Drug Deliv.*, **2012** (9), 837-861.

[2] Cs. Németh et. al.: *Eur. Polym. J.*, **2020** (130), 109624.

[3] N.G. Schwartz et al.: *Lancet Infect Dis.*, **2022** (22), 1617-1625

A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA FK 138029 projektje támogatta.

Antioxidáns és proteáz aktivitással rendelkező nanokompozitok fejlesztése

Kónya D. Zsuzsanna^a, Szerlauth Adél^{a,b}, Szilágyi István^{a,b}

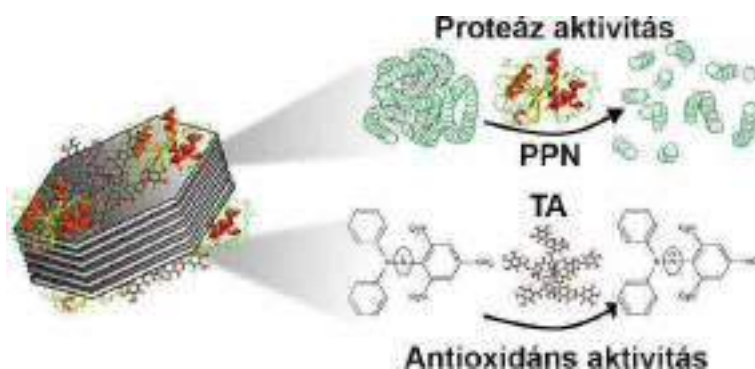
^aSzegedi Tudományegyetem, MTA-SZTE Lendület Biokolloidok Kutatócsoport, 6720 Szeged, Rerrich Béla tér 1, Magyarország

^bSzegedi Tudományegyetem, Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, 6720 Szeged, Rerrich Béla tér 1, Magyarország

Az élő szervezetek megfelelő működéséért biomolekulák számos típusa felel: az antioxidánsok a reaktív oxigén származékok (ROS) hatástalanítását végzik [1], az enzimek különféle folyamatok katalizátoraként viselkednek [2]. Mind az antioxidánsok (AO-k), mind az enzimek érzékenyek a környezeti hatásokra (pl. fény- és hőérzékenység, csekély vízoldhatóság, pH-függés), így azok nem megfelelő körülmények között elveszítik aktivitásukat. Az említett problémák kiküszöbölésére ezen biomolekulák hordozón való rögzítése jelenthet megoldást. A réteges kettős hidroxidok (LDH-k) felületén és rétegei között számos molekula rögzíthető, így alkalmasak lehetnek a hordozó szerepére [3].

Jelen munkában a tannin (TA) és a papain (PPN) aktivitását és stabilitását külön-külön és keverék formájában is vizsgáltuk. Ellenállóképességük növelése és kombinált használatuk megkönnyítése érdekében a molekulákat LDH részecskék felületén elektrosztatikus kölcsönhatások révén rögzítettük. Immobilizálás során az eredetileg pozitív töltésű LDH-részecskéket a TA adszorpciójával áttöltöttük, majd a PPN-t a negatív töltésű felületen rögzítettük. A TA és PPN LDH-n való sikeres rögzítését Raman-spektroszkópiás mérésekkel és Bradford-teszttel igazoltuk. Az immobilizáció után az LDH/TA és LDH/TA/PPN kompozitok aktivitása lecsökkent a szabad molekulákéhoz képest, de még így is számottevő maradt. Az LDH-k kolloidstabilitása nem változott jelentősen a két biomolekula adszorpciója után, azonban hőkezelés hatására az öt rendszer (TA, PPN, keverék, LDH/TA és LDH/TA/PPN) aktivitása nemlineárisan változott a hőmérséklet emelésével.

Az előállított LDH/TA/PPN kompozit megtartotta a szabad molekulák antioxidáns és proteáz aktivitását, mely lehetővé teszi felhasználását olyan ipari folyamatokban (pl. kozmetikai- és élelmiszeripar), ahol a gyökfogó és fehérjebontó tulajdonság együttes alkalmazása előnyökkel járhat.



[1] S. B. Nimse, D. Pal: *RSC Adv.*, **2015** (35), 27986-28006

[2] J. F. Lucas, D. Castaneda, D. Hormigo, *Trends Food Sci. Technol.*, **2017** (68), 91-101

[3] A. Szerlauth, Z. D. Kónya, G. Papp, Z. Kónya, Á. Kukovecz, M. Szabados, G. Varga, I. Szilágyi: *J. Colloid Interface Sci.*, **2023** (632), 260-270