Szegedi Tudományegyetem
Gyógyszertudományok Doktori Iskola

Gyógyszerkémia, Gyógyszerkutatás Ph.D program
Programvezető: Prof. Dr. Kiss Loránd

Gyógyszerkémiai Intézet

Témavezetők:
Prof. Dr. Fülöp Ferenc, Dr. Ötvös Sándor Balázs

Mészáros Rebeka Ildikó

Újfajta heterogén ezüst katalizátor alkalmazása különböző szintézis módszerekben szakaszos és áramlásos körülmények között

Komplex vizsga bizottság:

Elnök: Prof. Dr. Kiss Loránd
Tagok: Prof. Dr. Wölfling János
Prof. Dr. Kövér Katalin

Bíráló bizottság:

Elnök: Prof. Dr. Dombi György
Opponensek: Prof. Dr. Novák Zoltán
Dr. Dormán György
Tagok: Dr. Hunyadi Attila
Dr. Sztojkov-Ivanov Anita

Szeged
2021

1. Bevezetés és célkitűzések

Az ezüst-katalizált reakciók jelentős szerepet játszanak a szerves szintézisekben. Katalitikus forrásként jellemzően homogén ezüst sókat alkalmaznak az ilyen átalakítások során, azonban a hatékonyan újrafelhasználható ezüst-tartalmú katalitikus rendszerek ritkák.

Munkánk során egy új, heterogén ezüst tartalmú hibrid anyagot fejlesztettünk ki, melyet többféle módszerrel is jellemeztünk. A katalizátor sikeres előállítása után célunk volt, hogy az előállított hibrid anyagot ezüst által közvetített szintézisfolyamatokban alkalmazzuk szakaszos és áramlásos körülmények között. A folyamatos áramú kísérletek előtt célunk volt továbbá, hogy teszteljük a hibrid anyag stabilitását különböző oldószerekben és különböző áramlásos körülmények között.

Az alkinek jelentős szerepet töltenek be számos katalitikus átalakításban, mint például különböző kapcsolási és ciklizációs reakciókban. A nitrilek fontos intermedierek a különböző heterociklusos vegyületek szintézise során, továbbá számos gyógyszerhatóanyag nyerhető belőlük, másrészt klasszikus előállítási módszereik többsége veszélyes reakciópartnereket alkalmaz. Célunk az volt, hogy az előállított AgBi-HA-t katalizátorként alkalmazzuk nitrilek előállításához közvetlenül alkinekből, $TMSN_3$ nitrogénforrás jelenlétében. A részletes optimalizálási eljárás során a hőmérséklet és a reakcióidő szerepét, valamint a különböző oldószerek és adalékok hatását kívántuk feltárni. A reakció kiterjeszthetőségének vizsgálata során, különböző alifás és aromás alkinekkel terveztük elvégezni a nitrilek szintézisét. Továbbá szándékunkban állt a katalizátor újrafelhasználhatóságának és robusztusságának vizsgálata, valamint a használt/újrafelhasznált katalizátor széleskörű vizsgálata.

A különböző karbonil-vegyületek alkoholokból történő előállítása (oxidálása) a szerves kémia egyik legalapvetőbb átalakulása, melyet az akadémiai kutatásban és az iparban is széleskörűen alkalmaznak. Munkánk során, egy új áramlásos kémiai módszert fejlesztettünk ki a benzil-alkoholok dehidrogénezésére az AgBi-HA katalizátor jelenlétében. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk a fő reakcióparamétereket: áramlási sebesség (tartózkodási idő), hőmérséklet és a szubsztrátum koncentrációja, valamint a reakció kiterjesztésének vizsgálata is terveink között szerepelt.

A karbonsavak olcsó és hasznos kiindulási anyagok számos átalakulás során, például protodekarboxilezésben és dekarboxilatív kapcsolási reakciókban (C–C, C–X és C–H kötések kialakulása). A protodekarboxilezések leggyakoribb katalizátorai tipikusan homogén források (réz- vagy ezüst-sók stb.), melyeket különféle ligandumok vagy bázisok jelenlétében

alkalmaznak. A heterogén AgBi-HA katalizált dekarboxilezéshez és dekarboxilatív deuterálásához egy új módszert fejlesztettünk ki szakaszos és áramlásos körülmények között. Az áramlásos kémiai módszer kidolgozását egy szakaszos módszer kifejlesztése előzött meg. Munkánk során célunk volt, hogy feltárjuk a szakaszos és áramlásos módszerek alkalmazhatóságát az aromás és kondenzált heteroaromás karbonsavak sokféleségének dekarboxilezése útján. Ezenkívül a karbonsavak ezüst-katalizált dekarboxilatív deuterálását is célul tűztük ki, D_2O-t használva könnyen hozzáférhető deutériumforrásként.

2. Alkalmazott módszerek

A reagensek és a felhasznált anyagok kereskedelmi forgalomban elérhetők voltak, felhasználásuk további tisztítás nélkül történt. Szükség esetén, a szintetizált termékeket szilikagélen oszlopkromatográfiával tisztítottuk. A reakciótermékeket NMR és MS technikákkal jellemeztük.

A szakaszos reakciókat a következőképpen hajtottuk végre: a megfelelő oldószert, a megfelelő kiindulási anyagot (szükség esetén a reagenst is) és az ezüsttartalmú hibrid anyag katalizátort egy Schlenk-csőben egyesítettük, és mágneses keverőbotot helyeztünk bele. Az áramlásos kémiai reakciókat egy általunk összeállított berendezésben hajtottuk végre, mely egy HPLC pumpából, egy rozsdamentes acél HPLC oszlopból (aktív reaktor zóna), egy rozsdamentes acél előmelegítő tekercsből és egy kereskedelmi forgalomban kapható nyomás-szabályozóból állt. A rendszer elemeit rozsdamentes acél, illetve PEEK kapilláris vezetékekkel kapcsoltuk össze. A rozsdamentes acél HPLC oszlopot és az előmelegítő tekercset fűtött olajfürdőbe merítettük.

3. Eredmények és értékelésük

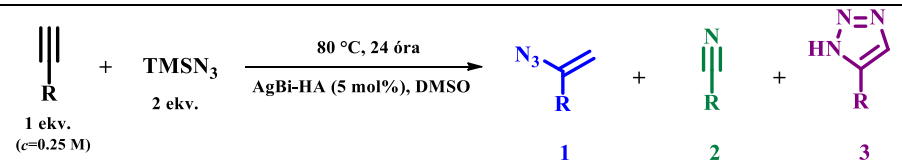
3.1 Terminális alkinek ezüst-katalizált közvetlen nitrillé alakítása

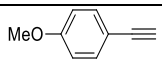
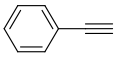
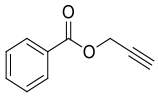
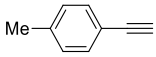
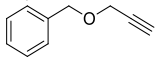
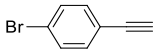
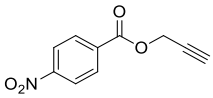
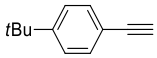
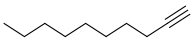
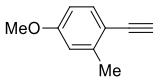
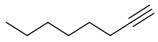
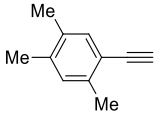
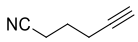
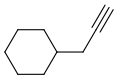
Az alkinek közvetlen nitrillé alakítása során a modellreakcióban a *p*-metoxi-fenil-acetilént választottunk kiindulási anyagnak, és az átalakítást $TMSN_3$ nitrogén forrás jelenléte mellett hajtottuk végre. Az AgBi-HA katalitikus aktivitását közvetlenül összehasonlítottuk a kereskedelmi forgalomban kapható Ag (I) sókkal: az $AgBF_4$ és az Ag_2CO_3 összemérhető eredményeket mutatott a hibrid anyaggal, azonban a további Ag (I) sók alacsonyabb termékszelektivitást vagy/és nem teljes konverziót eredményeztek. A reakcióközeg hatását is megvizsgáltuk, és erős oldószerfüggést figyeltünk meg. A dimetil-szulfoxid (DMSO) mellet, az amid-csoportot tartalmazó dipoláris aprotikus oldószerek bizonyultak elfogadhatónak az

átalakítás során. A hőmérséklet emelkedésével az átalakulás fokozatos növekedését figyeltük meg, azonban a magasabb hőmérséklet elősegítette a termikus azid-alkin cikloaddícióból származó melléktermék triazol képződését. A reakcióidő hatásának vizsgálatakor megfigyelhető volt, hogy a konverzió mértéke fokozatosan növekszik a reakcióidő növelésével.

Az optimális paraméterek meghatározása során azt tapasztaltuk, hogy a reakció 24 órás reakcióidővel, 80 °C hőmérsékleten, 0,25 M szubsztrát koncentrációval, 2 ekv. $TMSN_3$ nitrogénforrással, 5 mol% AgBi-HA katalizátorral és DMSO oldószerben hajtható végre leghatékonyabban (1. táblázat). Ilyen körülmények között az aromás és alifás terminális alkinek is kiváló konverziót és szelektivitást mutattak.

1. táblázat *Alkinek ezüst-katalizált közvetlen nitrillé alakítási reakciójának kiterjesztése*



	Alkin	Konv. (%)[a]	Szelektivitás (%)[a] 1	2	3		Alkin	Konv. (%)a	Szelektivitás (%)[a] 1	2	3
1		100	0	90	10						
2		100	0	91	9	**9**		100	0	74	26
3		100	0	92	8	**10**		100	0	81	19
4		100	0	90	10	**11**		95	0	73	27
5		100	0	93	7	**12**		100	0	89	11
6		100	0	94	6	**13**		100	0	90	10
7		100	0	94	6	**14**		96	0	93	7
8		100	0	90	10	**15**		98	0	87	13

[a]A nyerstermék ^{1}H-NMR analízisével határoztuk meg

A katalizátor újrafelhasználhatóságát is megvizsgáltuk, és megállapítottuk, hogy egy igen robosztus és kiválóan újrafelhaszálható anyagnak bizonyult az ezüst-bizmut hibrid anyag. A katalizátort centrifugálással eltávolítottuk minden egyes ciklus között, majd mosás és szárítás

után újra felhasználtuk. Szelektivitás és/vagy aktivitás csökkenést még 10 egymást követő katalitikus ciklus után sem figyeltünk meg. A konverzió szinte minden esetben teljes volt (97–100%), és a nitril termék szelektivitása minden reakcióban 90% körül maradt. A „hot filtration" tesztet is elvégeztük annak érdekében, hogy ellenőrizzük a reakció heterogén karakterét. Ezenkívül a használt katalizátort is alaposan megvizsgáltuk az újrafelhasználási kísérletsorozat után.

3.2 Az AgBi hibrid anyag stabilitásának és oldószer-kompatibilitásának vizsgálata áramlásos körülmények között

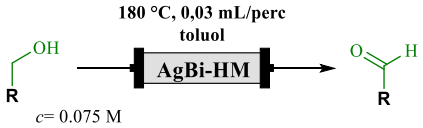
Az AgBi-HA folyamatos áramú szintézisekben történő alkalmazása előtt, megvizsgáltuk a különböző oldószerek és az áramlásos kémiai reakciókörülmények hatását a hibrid anyag szerkezetére. Többféle oldószert vizsgáltunk a stabilitási kísérletekhez: CH_2Cl_2, $CHCl_3$, EtOAc, aceton, dietil-éter, MeOH, EtOH, propan-2-ol, H_2O, MeCN, THF, NMP, *n*-hexán, toluol, DMF, DMSO, DMA. A vizsgálatokat 25, 50, 100, 150 és 200 °C-on végeztük el, ahol minden esetben a megfelelő oldószert 90 percig, 0,05 ml/perc áramlási sebességgel pumpáltuk át egy AgBi-HA mintát tartalmazó katalizátorágyon. A kezelt hibrid anyag mintát XRD és IR spektroszkópiával vizsgáltuk.

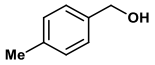
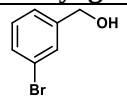
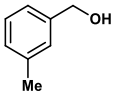
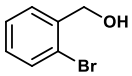
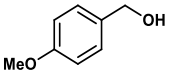
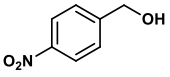
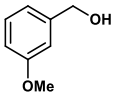
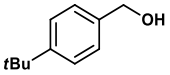
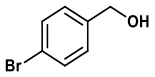
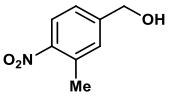
3.3 Benzil-alkoholok ezüst-katalizált dehidrogénezése áramlásos körülmények között

Modellreakcióként a 4-metil-benzil-alkohol katalitikus dehidrogénezését választottuk, ahol a legfontosabb reakcióparaméterek hatását vizsgáltuk. Figyelembe véve, hogy az AgBi-HA magas hőmérsékleten is kompatibilisnek bizonyult különböző oldószerekkel, a reakcióközeg hatását 180 °C-on végeztük el. A legjobb eredményt toluolban értük el (92 %), ezért ezt választottuk oldószernek a további paraméterek optimalizálásához. A konverzió és a szelektivitás tekintetében a hőmérsékletnek jelentős szerepe volt, ugyanis az átalakulás mértéke jelentősen nőtt a hőmérséklet fokozatos emelésével. 92 %-os konverziót és 100 %-os szelektivitást figyeltünk meg 180 °C-on, azonban ezen hőmérséklet felett (200 °C) a toluol és a szubsztrát benzilezési reakciója jelent meg mellékreakcióként. A reakció kimenetelét a tartózkodási idő is jelentősen befolyásolta: 0,02 ml/perc áramlási sebességnél (tartózkodási idő körülbelül 75 perc) a konverzió 100 % volt, azonban az áramlási sebességet növelve, az átalakulás mértéke fokozatosan csökkent. Ugyanakkor 0,02 ml/perc áramlási sebesség mellett ismét megfigyelhető volt a benzilezési mellékreakció (a szelektivitás 56 %-ra csökkent). Munkánk során a szubsztrát koncentráció hatását is megvizsgáltuk.

Az optimalizálás során nyert eredmények alapján az alkoholok dehidrogénezését a leghatékonyabban 0,03 ml/perc áramlási sebesség, 180 °C hőmérséklet és 0,075 M szubsztrát koncentráció mellett végezhetjük el. A reakció kiterjeszthetőségét az optimalizált feltételek mellett hajtottuk végre (2. táblázat). A metil-, metoxi-, bróm- és nitrocsoportokat tartalmazó para-szubsztituált benzil –alkohol származékok esetében kiemelkedő konverziókat kaptunk. Az átalakítás meta-helyzetben szubsztituált benzil-alkoholokkal is jól működött. Minden esetben teljes szelektivitást tapasztaltunk, melléktermékeket nem figyeltünk meg.

2. táblázat *A változatosan szubsztituált benzil-alkoholok AgBi-HA-katalizált dehidrogénezése áramlásos körülmények között*



	Kiindulási anyag	Konverzió[a] (%)	Szelektivitás [a] (%)		Kiindulási anyag	Konverzió[a] (%)	Szelektivitás [a] (%)
1		92	100	6		59	100
2		82	100	7		18	100
3		95	100	8		73	100
4		36	100	9		43	100
5		70	100	10		40	100

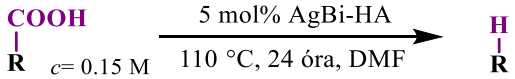
[a]A nyerstermék ^{1}H-NMR analízisével határoztuk meg

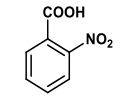
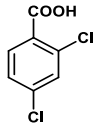
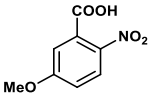
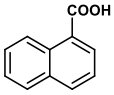
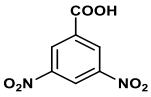
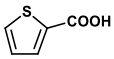
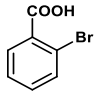
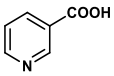
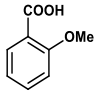
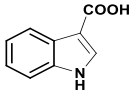
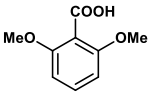
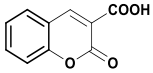
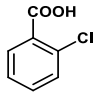
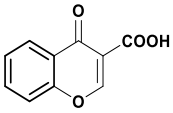
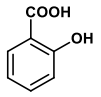
3.4 Karbonsavak ezüst-katalizált dekarboxilezése és ezüst-katalizált dekarboxilatív deuterálása szakaszos és áramlásos körülmények között

Modellreakciónak a 2-nitrobenzoesav dekarboxilezését választottuk. Ebben a reakciótípusban a leggyakrabban alkalmazott nemesfém katalizátorok az ezüst- és réztartalmú sók vagy komplexek, ezért a hibrid anyagot ezekkel a kereskedelemi forgalomban kapható katalizátorokkal hasonlítottuk össze. A réz-sók esetében az átalakítás elfogadható volt, azonban az AgOAc, Ag_2O, Ag_2CO_3 és $AgNO_3$ aktivitása összemérhető volt a hibrid anyagéval. A DMF mellett a dipoláris aprotikus oldószerek (MeCN és DMA) bizonyultak megfelelő

reakcióközegnek az oldószerek hatásának vizsgálata során. Az átalakulás mértéke fokozatosan nőtt a reakcióidő növelésével, 24 óra alatt teljes konverziót értünk el. Irodalmi előzmények alapján a dekarboxilezési reakciókat magasabb hőmérsékleten hajtják végre. Ez a mi esetünkben is megfigyelhető volt, ugyanis az átalakulás 110 °C-on vált teljessé (alacsonyabb hőmérsékleten az átalakulás 0-45% volt). Ezenkívül megvizsgáltuk még a koncentráció hatását, a katalizátor töltöttséget és a KOH bázis mennyiségének hatását a reakcióra.

3. táblázat *Különböző karbonsavak dekarboxilezésének vizsgálata szakaszos körülmények között*



	Kiindulási anyag	Konverzió[a] (%)	Szelektivitás[a] (%)		Kiindulási anyag	Konverzió[a] (%)	Szelektivitás[a] (%)
1		100	100	9		92	100
2		100	100	10		49	100
3		100	100	11		100	100
4		80	100	12		86	100
5		74	100	13		100	100
6		65	100	14		100	100
7		traces	-	15		97	100
8		traces	-				

[a]*A nyerstermék ^{1}H-NMR analízisével határoztuk meg*

Vizsgáltuk a szintézis módszer alkalmazhatóságát, miután megállapítottuk a 2-nitrobenzoesav dekarboxilezésének optimális feltételeit: DMF oldószer, 0,15 M koncentráció, 110 °C hőmérséklet és 24 órás reakcióidő, 15 mol% KOH. A reakció kiterjeszthetőségét

különböző szubsztituált aromás karbonsavak és kondenzált heteroaromás karbonsavak felhasználásával is teszteltük (3. táblázat).

Vizsgáltuk a hibrid anyag katalizátor újrafelhasználhatóságát és robusztusságát is a dekarboxilezési reakcióban. A reakciókörülmények a következők voltak: 110 °C, DMF oldószer, 15 mol% KOH, 24 óra, 5 mol% katalizátortöltöttség. A katalizátort centrifugálással eltávolítottuk az egyes ciklusok között, majd mosás és szárítás után újra felhasználtuk. Az aktivitás és/vagy a szelektivitás számottevő csökkenését nem tapasztaltuk a 10 egymást követő katalitikus ciklus után sem. A szelektivitás 100%-os volt minden reakcióban, és a konverzió 82-100% között maradt.

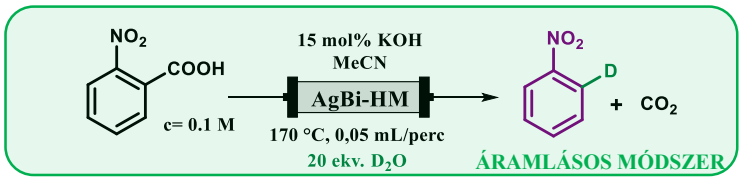
A szakaszos módszerben elért kimagasló eredmények után elkezdtük tanulmányozni a főbb reakcióparaméterek hatásait a karbonsavak dekarboxilezésének fenntartható áramlásos kémiai szintézisének optimális feltételeihez. A dipoláris aprotikus oldószereket áramlásos körülmények között is teszteltük, hiszen ezek mutatták a legjobb eredményeket szakaszos körülmények között. Jó eredményeket figyeltünk meg DMF, MeCN és DMA esetében is, azonban a 100%-os konverziót és szelektivitást csak MeCN-ben tudtuk elérni. Az eredmények azt mutatták, hogy a koncentráció enyhén befolyásolja a reakciót, de a konverzió és a szelektivitás csak 0,1 M koncentrációnál volt 100%. A teljes átalakuláshoz és szelektivitáshoz 170 °C-ra volt szükség. Az optimális áramlási sebességnél (0,05 ml/perc) a tartózkodási idő 10,5 perc volt.

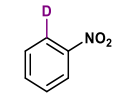
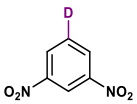
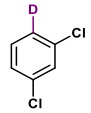
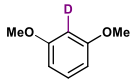
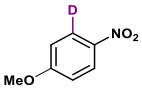
Kiemelkedő eredményeket értünk el a különböző *orto*-helyzetben szubsztituált és diszubsztituált benzoesavak, valamint az 1-naftolsav esetében is. A hidroxilcsoportot tartalmazó karbonsavak (aktiváló szubsztituens) esetében is elfogadható eredményeket értünk el. A kondenzált heteroaromás szubsztrátok teljes konverziót és szelektivitást mutattak áramlásos körülmények között. Nem tapasztaltunk egyik esetben sem melléktermék-képződést, a szelektivitás 100 % volt minden felhasznált szubsztrát esetében.

A méretnövelési reakcióban a 2-nitrobenzoesav átalakítását nagyobb mennyiségben is megismételtük. Ebben a reakcióban 20 órás reakcióablakot figyeltünk meg, a tartózkodási időt 5 percre csökkentettük (ami 0,1 ml/perc áramlási sebességnek felelt meg), 15 mol% KOH-t alkalmazunk, a hőmérséklet 170 °C, a nyomás 6,9 bar volt. Ebben az esetben sem tapasztaltunk melléktermék-képződést. A kísérlet sorozat végén 71%-os konverziót kaptunk, valamint 1,207 g nitrobenzolt izoláltunk tisztítás után, ami 82%-os összhozamnak felelt meg. Az

újrafelhasznált hibrid anyagot alaposan megvizsgáltuk TG, SEM-EDX és XRD módszerekkel, és azt tapasztaltuk, hogy nem szenvedett számottevő szerkezeti változást.

4. táblázat *Különböző karbonsavak dekarboxilatív deuterálása szakaszos és áramlási körülmények között*



	Termék	Konverzió[a] (%) (szakaszos módszer)	D%[a] (%) (szakaszos módszer)	Konverzió[a] (%) (áramlásos módszer)	D%[a] (%) (áramlásos módszer)
1		100	98	100	100
2		88	100	100	100
3		100	100	100	100
4		100	100	-	-
5		79	76	100	100
6		100	86	100	71

[a]A nyers termék ^{1}H-NMR analízisével határoztuk meg. A szelektivitás minden esetben 100 %-os volt szakaszos és áramlásos körülmények között is.

A kísérletsorozat végén vizsgáltuk a hibrid anyagot a 2-nitrobenzoesav dekarboxilatív deuterálási reakciójában is. Először szakaszos rendszerben teszteltük a katalizátort, ahol az alkalmazott körülmények ugyanazok voltak, mint a 2-nitrobenzoesav egyszerű dekarboxilezésénél, azonban hozzáadtunk 10 ekv. D_2O-t a rendszerhez, majd 24 órán át kevertettük 110 °C-on. A konverzió 100%, a deutérium beépülése pedig 98% volt a reakció

végén. A sikeres szakaszos kísérletek után a katalizátort áramlásos reaktorban is teszteltük ugyanezzel a modellreakcióval, ahol a 20 ekv. D_2O teljes deutérium beépülést és 100%-os konverziót eredményezett 10,5 perc tartózkodási idő alatt.

Ezen optimalizált paraméterek mellett megvizsgáltuk a reakció alkalmazhatóságát más szubsztituált benzoesavakkal szakaszos és áramlásos körülmények között is (4. táblázat).

Közlemények és előadások

Az értekezés alapján képező közlemények:

I. Sándor B. Ötvös, Rebeka Mészáros, Gábor Varga, Marianna Kocsis, Zoltán Kónya, Ákos Kukovecz, Péter Pusztai, Pál Sipos, István Pálinkó, Ferenc Fülöp
A mineralogically-inspired silver–bismuth hybrid material: an efficient heterogeneous catalyst for the direct synthesis of nitriles from terminal alkynes
Green Chemistry, **2018**, *20*, 1007-1019. IF.: 9.405

II. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, Gábor Varga, Éva Böszörményi, Marianna Kocsis, Krisztina Karádi, Zoltán Kónya, Ákos Kukovecz, István Pálinkó, Ferenc Fülöp
A mineralogically-inspired silver–bismuth hybrid material: Structure, stability and application for catalytic benzyl alcohol dehydrogenations under continuous flow conditions
Molecular Catalysis, **2020**, *498*, 111263. IF.: 5.062

III. Rebeka Mészáros, András Márton, Márton Szabados, Gábor Varga, Zoltán Kónya, Ákos Kukovecz, Ferenc Fülöp, István Pálinkó, Sándor B. Ötvös
Exploiting a Silver–Bismuth Hybrid Material as Heterogeneous Noble Metal Catalyst for Decarboxylations and Decarboxylative Deuterations of Carboxylic Acids under Batch and Continuous Flow Conditions
Green Chemistry, **2021**, 23, 4685-4696. IF.: 10.182 (2020)

Egyéb közlemények

IV. Sándor B. Ötvös, Ádám Georgiádes, Mónika Ádok-Sipiczki, Rebeka Mészáros, István Pálinkó, Pál Sipos, Ferenc Fülöp
A layered double hydroxide, a synthetically useful heterogeneous catalyst for azide−alkyne cycloadditions in a continuous-flow reactor
Applied Catalysis A: General, **2015**, *501*, 63-73. IF.: 4.012

V. Márton Szabados, Rebeka Mészáros, Szabolcs Erdei, Zoltán Kónya, Ákos Kukovecz, Pál Sipos, István Pálinkó
Ultrasonically-enhanced mechanochemical synthesis of CaAl-layered double hydroxides intercalated by a variety of inorganic anions
Ultrasonics Sonochemistry, **2016**, *31*, 409-416. IF.: 4.218

VI. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, Zoltán Kónya, Ákos Kukovecz, Pál Sipos, Ferenc Fülöp, István Pálinkó
Potential solvents in coupling reactions catalyzed by Cu(II)Fe(III)-layered double hydroxide in a continuous-flow reactor
Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, **2017**, *121*, 345-351. IF.: 1.515

VII. Sándor B. Ötvös, Ádám Georgiádes, Rebeka Mészáros, Koppány Kis, István Pálinkó, Ferenc Fülöp
Continuous-flow oxidative homocouplings without auxiliary substances: Exploiting a solid base catalyst
Journal of Catalysis, **2017**, *348*, 90-99. IF.: 6.759

VIII. Rebeka Mészáros, Bai-Jing Peng, Sándor B. Ötvös, Shyh-Chyun Yang, Ferenc Fülöp
Continuous-Flow Hydrogenation and Reductive Deuteration of Nitriles: a Simple Access to α,α-Dideutero Amines
ChemPlusChem, **2019**, *84*, 1508-1511. IF.: 2.753

Összesített impakt faktor: 43.906

Az értekezéssel kapcsolatos előadások

1. Mészáros Rebeka, Ötvös Sándor Balázs, Varga Gábor, Kocsis Marianna, Pálinkó István, Fülöp Ferenc:
Terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítása újfajta heterogén ezüstkatalizátorral
Heterociklusos és Elemorganikus Kémiai Munkabizottság ülése, Balatonszemes, 2017. május 15-17.

2. Mészáros Rebeka:
Újfajta heterogén ezüst katalizátor alkalmazása terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítására
A Szegedi Ifjú Szerves Kémikusok Támogatásáért Alapítvány tudományos előadóülése, Szeged, 2017. május 26.

3. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, Gábor Varga, Marianna Kocsis, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
Characterization and a potential catalytic application of a novel silver-bismuth composite
International Conference on Coordination and Bioinorganic Chemistry, Smolenice, Slovakia, June 4-9, 2017

4. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, Marianna Kocsis, Gábor Varga, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
A novel silver-bismuth nanocomposite, an effective and reusable catalyst for

nitrogenation and hydration of alkynes
18th Tetrahedron Symposium, Budapest, Hungary, June 27–30, 2017

5. Mészáros Rebeka, Ötvös Sándor Balázs, Varga Gábor, Kocsis Marianna, Pálinkó István, Fülöp Ferenc:
Hatékony heterogén ezüst katalizátor fejlesztése terminális alkinek közvetlen nitrillé alakításához
Katalízis Munkabizottsági Ülés, Szeged, 2017. december 18.

6. Mészáros Rebeka Ildikó:
Újfajta heterogén ezüst katalizátor alkalmazása terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítására
Pillich Lajos Miniszimpózium, Budapest, 2018. február 14.

7. Mészáros Rebeka, Ötvös Sándor Balázs, Varga Gábor, Kocsis Marianna, Pálinkó István, Fülöp Ferenc:
Terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítása újfajta heterogén ezüstkatalizátorral
Nano&Kat Nap, Budapest, 2018. május 15.

8. Mészáros Rebeka Ildikó:
Nitrilek és vinil-azidok előállítása heterogén ezüst katalizátorral szakaszos és áramlásos szintézis módszerekkel
ÚNKP előadónap - GYTK, Szeged, 2018. május 17.

9. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, Marianna Kocsis, Gábor Varga, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
A silver–bismuth hybrid material, an efficient catalyst for the direct synthesis of nitriles from terminal alkynes
16th Belgian Organic Synthesis Symposium, Brussels, Belgium, July 8-13, 2018

10. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
Application of a heterogeneous silver catalyst in dehydrogenation and multicomponent coupling reactions in a continuous-flow system
14th Pannonian International Symposium on Catalysis, 3-7. September 2018, Starý Smokovec, Slovakia

11. Mészáros Rebeka Ildikó:
Terminális alkinek közvetlen nitrillé alakítása hatékony heterogén ezüstkatalizátorral
Patonay Tamás-díj pályázat, 2019. március 13., Budapest

12. Mészáros Rebeka Ildikó:
Szelektív áramlásos kémiai szintézisek heterogén ezüst katalizátorral
GYTK ÚNKP előadóülés, 2019. május 7., Szeged

13. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
Application of a heterogeneous silver catalyst in dehydrogenation reactions in a continuous-flow system
International Conference on Coordination and Bioinorganic Chemistry, Smolenice, Slovakia, June 2-7, 2019

14. Rebeka Mészáros, Sándor B. Ötvös, István Pálinkó, Ferenc Fülöp:
A Continuous Flow Process For Silver Catalysed Alcohol Dehydrogenation
International 18th Blue Danube Symposium on Heterocyclic Chemistry, Ljubljana, Slovenia, September 18-21, 2019