



---

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR  
OLÁH GYÖRGY DOKTORI ISKOLA

# HETEROGÉN KATALITIKUS SZERVES KÉMIAI SZINTÉZISEK SZELEKTIVITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Tézisfüzet

Szerző:

**Juhász Kinga**

okleveles gyógyszervegyész-mérnök

Témavezető:

**Dr. Hell Zoltán**

egyetemi tanár

Szerves Kémia és Technológia Tanszék

2022

---

## 1. Bevezetés

Manapság a vegyipari eljárások több, mint 90%-a igényli valamilyen katalizátor alkalmazását a megfelelő konverzió elérése érdekében.<sup>1</sup> Ezen katalizátorok jelentős része valamilyen ásványi sav, bázis, fém-só vagy fémkomplex, amelyek számos negatív tulajdonsággal rendelkeznek: mérgezőek, korrozívak, és előállításuk, valamint a reakció feldolgozása során nagy mennyiségű, a környezetre ártalmas hulladék képződik. Ezen felül magas árak és a működésükhöz szükséges reakciókörülmények, továbbá a terméktől való bonyolult elválasztásuk miatt ipari szintézisekben nem alkalmazhatók. Ennek következtében az utóbbi időben nagy szerepet kapott olyan új heterogén katalizátorok előállítása, melyek aktívabbak, szelektívebbek, és egyszerűbben kezelhetők, mint a hagyományos katalizátorok. Egy további fontos szempont, hogy ezek a katalizátorok lehetőleg újrafelhasználhatók legyenek, ezáltal csökkentve a környezeti terhelést. A kutatások során számos, a természetben előforduló ásványtípusú anyagot alkalmaztak szerves kémiai szintézisekben katalizátorként. Ezek előnye, hogy nem mérgezőek, nem korrozívak, emellett a reakció végén egyszerűen kiszűrhetők a reakcióelegyből és általában közvetlenül, vagy minimális kezelést követően újrafelhasználhatók, nagyrészt az aktivitásuk jelentős csökkenése nélkül.

A heterogén katalizátorok egy további előnyös tulajdonsága, hogy egyes típusok speciális üreges és lemezes szerkezetüknek köszönhetően bizonyos reakciókban jelentős regio- és sztereoszelektivitást mutatnak viszonylag enyhe körülmények között. Ezek a tulajdonságok szintetikus agyagásványok esetén akár célzottan az adott feladatra hangolhatók.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szerves Kémia és Technológia Tanszékén évtizedek óta foglalkoznak különböző szilárd savak és bázisok katalizátorként, illetve katalizátorhordozóként történő alkalmazhatóságának vizsgálatával és katalitikus szintézisutak kifejlesztésével. Kutatócsoportunkban előállítottak többek között 4Å molekulaszita-hordozós réz-, valamint palládiumkatalizátorokat, ezen felül Mg-La vegyesoxid-hordozós palládium- és nikkelt katalizátorokat. Ezekkel a katalizátorokkal eredményesen valósítottak meg különböző szén-szén kapcsolási reakciókat, a *Suzuki*-,<sup>2</sup> a *Heck*-<sup>3</sup> és a *Sonogashira*-reakciót.<sup>4</sup> A 4Å molekulaszita-hordozós fémkatalizátorok hatékonynak

---

<sup>1</sup> Armor, J. N. *Catal. Today* **2011**, 163, (1), 3-9.

<sup>2</sup> Cwik, A.; Hell, Z.; Figueras, F. *Org. Biomol. Chem.* **2005**, 3, (24), 4307-9.

<sup>3</sup> Cwik, A.; Hell, Z.; Figueras, F. *Adv. Synth. Catal.* **2006**, 348, (4-5), 523-530.

<sup>4</sup> Cwik, A.; Hell, Z.; Figueras, F. *Tetrahedron Lett.* **2006**, 47, (18), 3023-3026.

bizonyultak továbbá az ún. A<sup>3</sup>-reakcióban,<sup>5</sup> különböző multikomponensű reakciókban<sup>6,7</sup> és nitrobenzolok transzferhidrogénezésében is.<sup>8</sup>

Doktori munkám során ebbe a kutatásba kapcsolódtam be, és vizsgáltam a korábban előállított 4Å molekulaszita-hordozós fémkatalizátorok alkalmazhatóságát és szelektivitását szerves kémiai szintézisekben. Ezen kívül előállítottam új, MgO és Mg-Al vegyesoxid-hordozós fémkatalizátorokat, melyeket szintén különböző reakciókban teszteltem. Célom volt a korábban eredményesen alkalmazott, továbbá az általam előállított katalizátorokkal olyan új, heterogén katalitikus módszerek kidolgozása, amelyek ipari és környezetvédelmi szempontból is jelentősek lehetnek. A vizsgált reakciókban tanulmányoztuk a katalizátorok regio- és sztereoszelektivitását.

## 2. Irodalmi háttér

A hordozós katalizátorokban a hordozó általában az aktív komponens – jellemzően egy katalizátorfém – váz-, illetve kötőanyagaként funkcionál. Korábban úgy gondolták, hogy a megfelelő hordozó kis aktivitású vagy akár inaktív. A hordozós katalizátorok általában jóval nagyobb mennyiségben tartalmazzák a hordozót az aktív komponenshez képest, ezért régebben a hordozókat kizárólag takarékosági szempontok alapján alkalmazták. Később azonban megfigyelték, hogy a hordozó tulajdonságai hatással lehetnek a katalizátor aktivitására, szelektivitására, élettartamára, regenerálhatóságára, továbbá a katalizátormérgekkel szembeni érzékenységre. Ezen kívül a hordozó növelheti az aktív komponens felületét, stabilizálhatja a diszperzitását és sok esetben promotorként is viselkedhet. A hordozó, savas vagy bázikus tulajdonságainak köszönhetően, alkalmas lehet a homogén katalízis során általában szükséges ligandumok helyettesítésére.<sup>9</sup>

A molekulaszitákat hosszú ideje alkalmazzák a vegyipar számos területén, általában folyékony reagensek, oldószerek, továbbá gázok szárítására. Ezen felül a 4Å pórusméretű molekulaszita egy sokoldalúan használható környezetbarát katalizátor, amely kiváló stabilitással rendelkezik és ellenáll a mechanikus, termikus és ozmotikus sokkhatásnak egyaránt.<sup>10</sup> Ezen felül olcsó és könnyen hozzáférhető anyag, amely mind szerves, mind pedig

---

<sup>5</sup> Fodor, A.; Kiss, A.; Debreczeni, N.; Hell, Z.; Gresits, I. *Org. Biomol. Chem.* **2010**, 8, (20), 4575-81.

<sup>6</sup> Magyar, Á.; Hell, Z. *Catal. Lett.* **2016**, 146, (6), 1153-1162.

<sup>7</sup> Magyar, Á.; Hell, Z. *Green Process. Synth.* **2018**, 7, (4), 316-322.

<sup>8</sup> Németh, J.; Kiss, Á.; Hell, Z. *React. Kinet. Mech. Cat.* **2013**, 111, (1), 115-121.

<sup>9</sup> Petró, J., *Kontakt katalízis*. ed.; Akadémiai Kiadó: Budapest, **1966**.

<sup>10</sup> Gujar, J. B.; Chaudhari, M. A.; Kawade, D. S.; Shingare, M. S. *Tetrahedron Lett.* **2014**, 55, (44), 6030-6033.

vizes közegben alkalmazható. A 4Å molekulaszitát vízmegkötő-képességének köszönhetően gyakran alkalmazzák szárítószerként, illetve vízkilépéssel járó reakciókban a keletkező víz megkötésére. Továbbá a 4Å molekulaszita eredményesen alkalmazható az enantioszelektivitás növelésére, dekarboxilező Mannich- és aldol-reakcióban, valamint multikomponensű reakciókban is.<sup>11</sup>

### 3. Kísérleti módszerek

A katalizátorok fizikai-kémiai jellemzőit SEM-EDS és BET mérésekkel határoztuk meg, fémtartalmuk mérése pedig ICP-OES módszerrel történt. Az előállított anyagokat tömegspektrometria, <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C és <sup>31</sup>P NMR spektroszkópia segítségével azonosítottam.

---

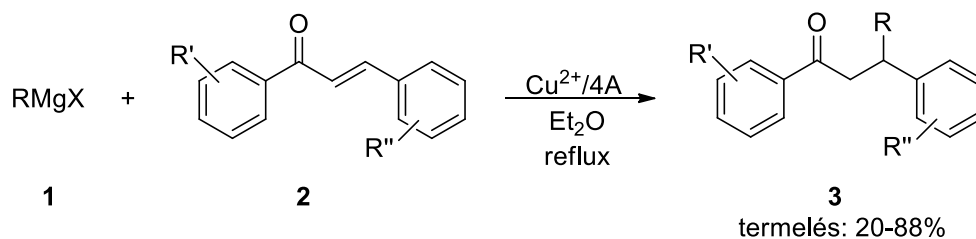
<sup>11</sup> Magyar, Á.; Juhász, K.; Hell, Z. *Synthesis* **2020**, 53, (02), 279-295.

## 4. Eredmények

### 4.1 Grignard-vegyületek kalkon-származékokra történő szelektív 1,4-addíciója<sup>D1,D2</sup>

$\alpha,\beta$ -Telítetlen karbonilvegyületekre történő addíció esetén a lágy nukleofilek általában a  $\beta$ -szénatomra (1,4-addíció vagy konjugált addíció), míg a kemény nukleofil fémorganikus vegyületek a karbonil szénatomra (1,2-addíció vagy direkt addíció) addíciónálódnak. Ugyanakkor a fémorganikus vegyületek különböző átmenetifémek sóival kombinálva széleskörűen alkalmazhatók különböző szerves kémiai átalakításokban. *Kharasch* és *Tawney* például azt találta, hogy katalitikus mennyiségű rézvegyület hozzáadásával megvalósítható egy magnéziumorganikus vegyület (*Grignard*-reagens) konjugált addíciója egy  $\alpha,\beta$ -telítetlen ketonra.<sup>12</sup>

Munkám során eredményesen alkalmaztam a kutatócsoportban korábban előállított  $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$  katalizátort *Grignard*-reagensok (1) és kalkonszármazékok (2) 1,4-addíciójában, amely során vizsgáltam a katalizátor hatását a reakció szelektivitására (1. ábra).



**1. ábra:** Kalkonszármazékok (2) reakciója *Grignard*-vegyületekkel (1)  $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében

A reakció során vizsgáltam különböző alifás és aromás *Grignard*-reagenseket (1), azonban egyik esetben sem figyeltem meg számottevő szterikus hatást. A kutatócsoport korábbi munkájával megegyezően ebben az esetben is megfigyelhető volt, hogy az aromás halogeniden metoxicsoport jelenléte gátolja a *Grignard*-reakció lejátszódását. Vizsgáltam továbbá a kalkon (2) aromás gyűrűin található különböző szubsztituensek hatását a reakcióra, viszont ezekben az esetekben sem figyeltem meg jelentős különbséget a különböző származékok reakcióképessége között. A kívánt termékeket (3) szelektív módszerrel és jó-kiváló termeléssel állítottam elő, a

<sup>D1</sup> Juhász, K.; Hell, Z.: Heterogeneous catalytic 1,4-addition of arylmagnesium compounds to chalcones. *Tetrahedron Lett.*, **2018**, 59, 3136-3138; *Synfacts*, **2018**, 14 (10), 1103.

<sup>D2</sup> Juhász, K.; Hell, Z.: The effect of the catalyst on the selectivity of the heterogeneous catalytic 1,4-addition of organomagnesium compounds to chalcone. *Period. Polytech. Chem. Eng.*, **2019**, 63 (4), 636-639.

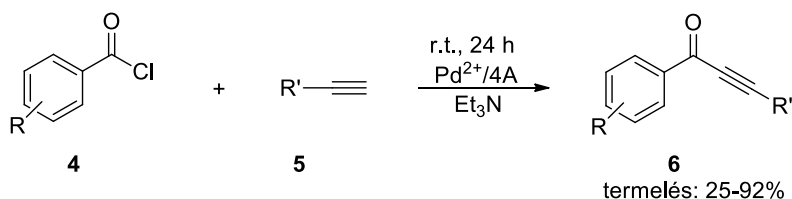
<sup>12</sup> Kharasch, M. S.; Tawney, P. O. *J. Am. Chem. Soc.* **1941**, 63 (9), 2308-2316.

katalizátor pedig minimális kezelést követően több alkalommal újrafelhasználható volt aktivitásának jelentős csökkenése nélkül.

Az irodalmi adatokat alapul véve vizsgáltam a kutatócsoportban korábban előállított különböző fémkatalizátorok hatását etilmagnézium-jodid és kalkon reakciójának termelésére. A 4Å molekulaszita hordozóra impregnált  $\text{La}^{3+}$ -,  $\text{Ti}^{4+}$ -,  $\text{In}^{3+}$ -,  $\text{Co}^{2+}$ - és  $\text{Ni}^{2+}$ -katalizátorok közül a  $\text{Ti}^{4+}/4\text{A}$  katalizátorral értem el a legjobb eredményeket, így ennek alkalmazhatóságát kiterjesztettem aromás *Grignard*-vegyületek 1,4-addíciós reakciójára is. A kívánt termékeket itt is kiváló termeléssel állítottam elő, ugyanakkor a katalizátor a reakciót követően nem volt visszaforgatható, a reakció szelektivitása jelentősen csökkent a második ciklusban.

#### 4.2 Inonok előállítása 4Å pórusméretű molekulaszita-hordozós palládium(II)-katalizátor jelenlétében<sup>D3</sup>

Az inonok (6) számos biológiailag aktív vegyület kulcsintermedierjei lehetnek, így előállításukra többféle szintézisutat is kidolgoztak. Ezek közül a legelterjedtebb és legjelentősebb módszer az ún. acil-*Sonogashira*-reakció, amely során terminális alkineket (5) reagáltatnak karbonsav-származékokkal (4) valamilyen palládiumkatalizátor, ligandum (főként foszforszármazékok) és réz-jodid jelenlétében.<sup>13,14,15</sup>



2. ábra: Acil-kloridok (4) és terminális alkinek (5) reakciója  $\text{Pd}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében

Munkám során sikeresen állítottam elő különböző inonokat (6)  $\text{Pd}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében acil-kloridok (4) és terminális alkinek (5) reakciójában (2. ábra). Amennyiben az acil-klorid (4) halogén-szubsztituenszt tartalmazott az aromás gyűrűn, úgy a halogén-szubsztituensek reakcióképesége miatt jelentősen csökkent a reakció termelése. *Orto*-helyzetben elhelyezett szubsztituensek esetén szterikus gátlást figyeltem meg a reakcióban.

<sup>D3</sup> Juhász, K.; Hell, Z.: Palladium(II) on 4Å molecular sieves: A simple and reusable catalyst for the preparation of ynones *Catal. Lett.*, **2020**, 150 (11), 3335-3341.

<sup>13</sup> Cox, R. J.; Ritson, D. J.; Dane, T. A.; Berge, J.; Charmant, J. P.; Kantacha, A. *Chem. Commun. (Camb)* **2005**, (8), 1037-9.

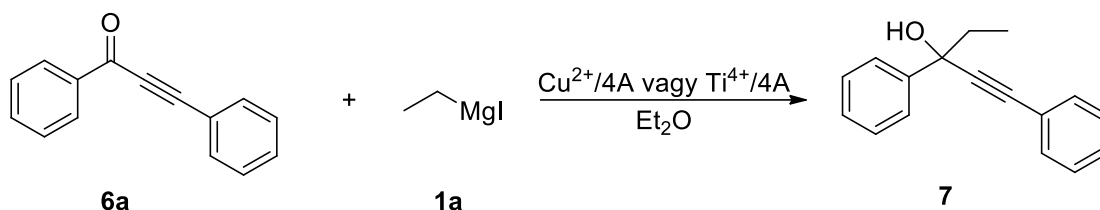
<sup>14</sup> Kumar, B.; Maity, J.; Kumar, A.; Khatri, V.; Shankar, B.; Prasad, A. K. *Chem. Heterocyc. Comp.* **2018**, 54 (3), 362-368.

<sup>15</sup> Müller, T.; Breuer, N. *Synthesis* **2018**, 50 (14), 2741-2752.

Amennyiben az aromás fenilacetilént alifás terminális alkinekre (hept-1-in, 3-metilpent-1-in-3-ol) cseréltem, úgy a reakció termelése jelentősen csökkent és számottevő mennyiségű 3-benzoil-benzoosav melléktermék jelent meg a reakcióelegyben. Ennek oka az alifás terminális alkinek kis reakcióképességére vezethető vissza.

Az acil-Sonogashira-reakcióban is vizsgáltam a katalizátor visszaforgathatóságát és azt állapítottam meg, hogy egy kezdeti kismértékű aktivitáscsökkenést követően a katalizátor több alkalommal eredményesen újrafelhasználható etanolos mosást és 1 órás 120 °C-on történő szárítást követően.

Ezek után vizsgáltam az előállított inonok (**6a**) és etilmagnézium-jodid (**1a**) reakcióját  $\text{Cu}^{2+}$ - és  $\text{Ti}^{4+}$ -katalizátorok jelenlétében a kalkonokkal történő 1,4-addíció analógiájára (**3. ábra**). Ellenben a kalkonoknál tapasztalt konjugált addíció helyett a heterogén katalizátor jelenlétében is a karbonil szénatomra addicionálódott a *Grignard*-vegyület (**1a**), miközben a szén-szén hármas kötés nem reagált számottevő mértékben.



**3. ábra:** Inon (**6a**) és etilmagnézium-jodid (**1a**) reakciójának vizsgálata

### 4.3 *H*-Foszfinátok és szekunder foszfin-oxidok $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$ katalizált addíciója fenilacetilénre<sup>D4</sup>

Az alkenilfoszfin-oxidok (**11**) fontos vegyületcsaládot alkotnak a szerves kémia, a gyógyszeripar, valamint a mezőgazdaság területén. Előállításuk az ún. hidrofoszfinilezéssel történik, amely során egy szekunder foszfin-oxidot (**10**) addicionáltatunk egy alkinre (**5a**), amihez általában valamilyen átmenetifém jelenlétére van szükség.<sup>16-22</sup>

Kutatócsoportunkban úgy gondoltuk, hogy érdemes lehet foglalkozni egy heterogén katalitikus P-C kapcsolat kifejlesztésével különböző alkenilfoszfin-oxidok (**11**) és alkenil-

<sup>D4</sup> Juhász, K.; Varga, B.; Bagi, P.; Hell, Z. *Catal. Lett.*, **2021**, DOI: 10.1007/s10562-021-03694-6.

<sup>16</sup> Xu, Q.; Han, L.-B. *J. Organomet. Chem.* **2011**, 696 (1), 130-140.

<sup>17</sup> Gaumont, A. C.; Gulea, M. *Sci. Synth.* **2007**, 33, 701.

<sup>18</sup> Huang, Y.; Hao, W.; Ding, G.; Cai, M.-Z. *J. Organomet. Chem.* **2012**, 715, 141-146.

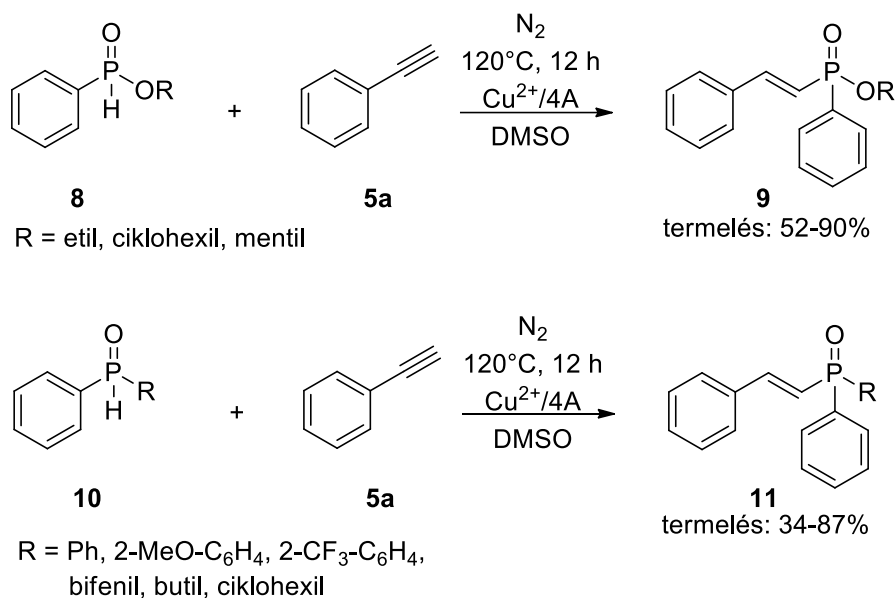
<sup>19</sup> Chen, T.; Zhou, Y.; Guo, C.; Han, L.-B. *Chem. Lett.* **2013**, 42 (9), 1065-1067.

<sup>20</sup> Yao, F.; Peng, J.; Hao, W.; Cai, M. *Catal. Lett.* **2012**, 142 (6), 803-808.

<sup>21</sup> Julienne, D.; Delacroix, O.; Gaumont, A.-C. *Curr. Org. Chem.* **2010**, 14, 457-482.

<sup>22</sup> Alonso, F.; Beletskaya, I. P.; Yus, M. *Chem. Rev.* **2004**, 104, 3079-3159.

foszfinátok (**9**) előállítására. Munkám során különböző *H*-foszfinátok (**8**) és szekunder foszfin-oxidok (**10**) és fenilacetilén (**5a**) reakcióját vizsgáltam molekulaszita-hordozós fémkatalizátorok jelenlétében (**4. ábra**), amelyhez a kiindulási vegyületek nagy részét *Dr. Bagi Péter* és *Varga Bence* állította elő.



**4. ábra:** Különböző *H*-foszfinátok (**8**) és szekunder foszfin-oxidok (**10**) reakciója fenilacetilénnel

A kívánt termékeket (**9** és **11**) jó-kiváló termeléssel állítottam elő regio- és sztereoselektív módszerrel. A kapott alkenil-foszfinátok (**9**) és alkenilfoszfin-oxidok (**11**) közül 7 új, az irodalomban eddig még nem ismert vegyület. A reakcióban használt Cu<sup>2+</sup>/4A katalizátor több ciklusban is újrafelhasználható volt, minimális kezelést követően.

Megkísértem továbbá különböző alkil-foszfitok (dietyl-, diizopropil-, dibutil- és difenil-foszfit) fenilacetilénre (**5a**) történő addícióját is azonos reakciókörülmények között. Ezekben az esetekben azonban az alkalmazott spektroszkópai módszerek alapján az állapítható meg, hogy a kívánt dialkil-vinil-foszfonátok nem keletkeztek a reakcióban.

#### 4.4 Hordozós nikkell- és lantánkatalizátorok előállítása és alkalmazhatóságának vizsgálata<sup>D5</sup>

A Poitiers-i Egyetemmel együttműködésben egy TÉT-pályázat keretén belül különböző bázikus hordozós katalizátorokat állítottam elő, melyek fizikai-kémiai tulajdonságait is

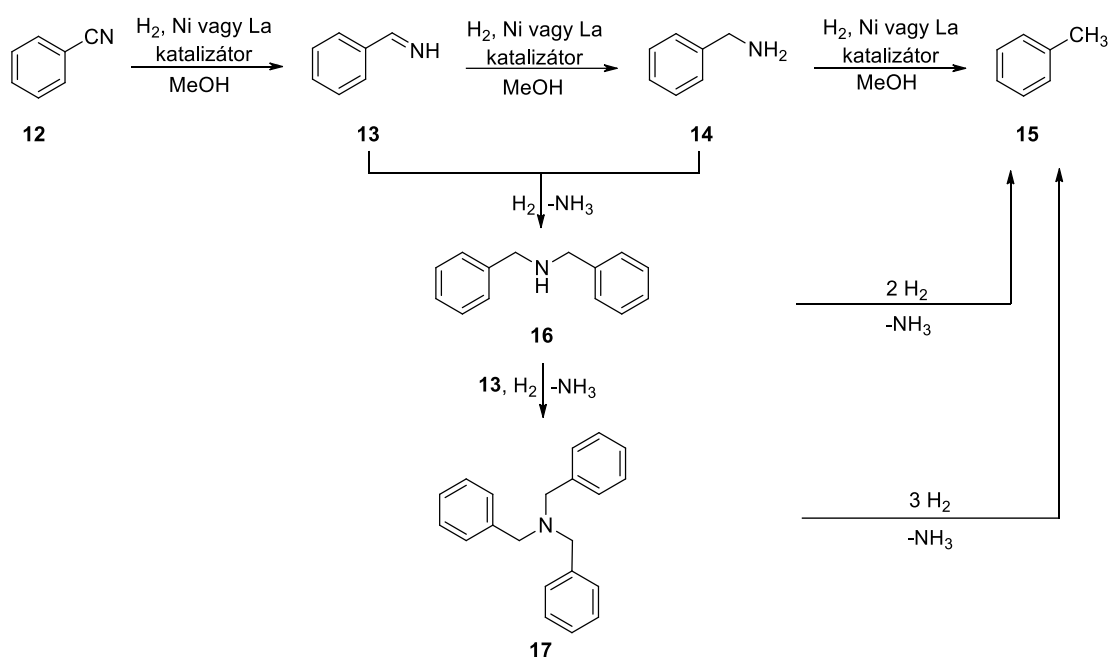
<sup>D5</sup> **Juhász, K.**; Lévy, K.; Hegedűs, L.; Balogh-Weiser D.; Pirault-Roy, L.; Hell Z. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, **2021**, 133 (2), 687-698.



vizsgáltuk, majd különböző reakciókban teszteltük azokat. Először keresztkapcsolási reakciókban kíséreltem meg a katalizátorok használatát, csak hogy itt nem értem el jó eredményeket, így nitrilek hidrogénezését választottam új modellreakciónak, ugyanis a primer aminokat széleskörűen alkalmazzák a gyógyszer- és növényvédőszeriparban egyaránt.

Az általam Franciaországban előállított négyféle hordozós katalizátor (Ni/MgO, La/MgO, Ni/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és Ni-La/MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) fizikai-kémiai tulajdonságait SEM-EDS és BET mérésekkel vizsgáltuk, fémtartalmukat ICP-OES módszerrel határoztuk meg. A mérések alapján a katalizátorok fémtartalma minden esetben jó egyezést mutat az elméleti értékkel és megállapítható az is, hogy a fémrészecskék jellemzően a katalizátor felületén helyezkednek el.

A katalizátorok alkalmazhatóságát benzonitril (**12**) hidrogénezésében teszteltük különböző hőmérsékleteken, metanolban, hozzátétek alkalmazása nélkül *Dr. Hegedűs László* és *Lévay Krisztina* segítségével (**5. ábra**).



**5. ábra:** Benzonitril (**12**) nikkell-, illetve lantánkatalizált hidrogénezése

Azt találtuk, hogy a lantánkatalizátor kiemelkedő aktivitással és szelektivitással rendelkezik. Erre korábban az irodalomban még nem volt példa. A reakciót kiterjesztettük további nitrilekre is (benzil-cianid, fahéjnitril, adiponitril). Megfigyeltük, hogy a kiindulási vegyületekben az alifás szénatomok számának növekedésével jelentősen kisebb konverzió és szelektivitás érhető el. Ezekben az esetekben csak kis mennyiségben keletkeztek a kívánt primer aminok. Fahéjnitril hidrogénezése során a 3-fenilpropionitril volt a főtermék a 3-fenilpropilamin helyett.

## 5. Tézisek

1. Megállapítottam, hogy  $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében jó termeléssel valósítható meg alkil-, illetve aril-*Grignard*-reagensek kalkonszármazékokra történő szelektív 1,4-addíciója. A reakció során egyik esetben sem sikerült az 1,2-addukt jelenlétét kimutatni a reakcióelegyben. Ezzel egy olyan szelektív eljárást dolgoztam ki, amelyben a katalizátor egyszerűen visszanyerhető és jelentős aktivitáscsökkenés nélkül több alkalommal újrafelhasználható. [1]
2. Megállapítottam, hogy a  $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$  katalizátoron kívül  $\text{Ti}^{4+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében is jó termeléssel, szelektíven valósítható meg etilmagnézium-jodid, illetve fenilmagnézium-jodid és kalkon 1,4-addíciós reakciója. [2]
3. Jó eredménnyel állítottam elő különböző inonokat acil-kloridok és terminális alkinek acil-*Sonogashira*-reakciójában  $\text{Pd}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében. A reakció végén a katalizátor egyszerű módszerrel regenerálható és több ciklusban jó eredménnyel újrafelhasználható volt. [3]
4. Kidolgoztam egy heterogén katalitikus eljárást fenilacetilén hidrofoszfinilezésére különböző *H*-foszfinátokkal és szekunder foszfin-oxidokkal  $\text{Cu}^{2+}/4\text{A}$  katalizátor jelenlétében. Jó-kiváló termeléssel regio- és sztereoszelektív módon állítottam elő a kívánt alkenil-foszfinátokat és alkenilfoszfin-oxidokat, amelyek közül 7 új, az irodalomban eddig még nem ismert vegyület. A reakció végén a katalizátor minimális kezelést követően több ciklusban újrafelhasználható volt. [4]
5. Előállítottam négy új, fénoxid- és vegyes oxid hordozós fémkatalizátort és vizsgáltam ezek fizikai-kémiai jellemzőit (SEM-EDS, BET) és fémtartalmát (ICP-OES). [5]
6. Megállapítottam, hogy az általam előállított La/MgO katalizátor kifejezetten nagy aktivitást mutat benzonitril heterogén katalitikus hidrogénezésében. A kívánt benzilamin 43-52% szelektivitással keletkezett a reakcióban ammónia hozzáadása nélkül is. Korábban nem írták még le, hogy a lantán önmagában aktív katalizátor nitrilek hidrogénezésében. [5]

## 6. Alkalmazási lehetőségek

A szerves kémiai szintézisekben a homogén katalizátorok és ligandumok heterogén katalizátorokra történő cseréje számos előnnyel jár. Az általunk előállított katalizátorok és kidolgozott reakciók elsősorban laboratóriumi méretben bírnak nagy jelentőséggel, azonban

egyes folyamatok akár ipari méretre is adaptálhatók lehetnek. A katalizátorok előállítása egyszerű, a katalizátorhordozó olcsó, kereskedelmi forgalomban hozzáférhető. Az alkalmazott katalizátorok általában egy egyszerű kezelést követően több alkalommal újrafelhasználhatók aktivitásuk jelentős csökkenése nélkül, így környezetbarát alternatívát nyújtanak a homogén katalizátorokkal szemben.

## 7. Publikációk

### 7.1 Az értekezés alapját képező közlemények

- [1] **Juhász, K.**; Hell, Z. *Tetrahedron Lett.*, **2018**, 59, 3136-3138; *Synfacts*, **2018**, 14 (10), 1103.  
DOI: 10.1016/j.tetlet.2018.07.016. IF: 2,259 (2018), FI: 1.
- [2] **Juhász, K.**; Hell, Z. *Period. Polytech. Chem. Eng.*, **2019**, 63 (4), 636-639.  
DOI: 10.3311/PPch.13914. IF: 1,257 (2019).
- [3] **Juhász, K.**; Hell, Z. *Catal. Lett.*, **2020**, 150 (11), 3335-3341;  
DOI: 10.1007/s10562-020-03235-7. IF: 3,186 (2020), FI: 1.
- [4] **Juhász, K.**; Varga, B.; Bagi, P.; Hell, Z. *Catal. Lett.*, **2021**.  
DOI: 10.1007/s10562-021-03694-6. IF: 3,186 (2020).
- [5] **Juhász, K.**; Lévay, K.; Hegedűs, L.; Pirault-Roy, L.; Hell, Z. *React. Kinet. Mech. Cat.*, **2021**, 133 (2), 687-698.  
DOI: 10.1007/s11144-021-02028-2. IF: 2,081 (2020).

### 7.2 Az értekezés témakörében készült egyéb közlemények

- [6] Magyar, Á.; **Juhász, K.**; Hell, Z. *Synthesis*, **2021**, 53 (02), 279-295.  
DOI: 10.1055/s-0040-1706535. IF: 3,157 (2020), FI: 3.
- [7] **Juhász, K.**; Magyar, Á.; Hell, Z. *Synthesis*, **2021**; 53 (06), 983-1002.  
DOI: 10.1055/s-0040-1705986. IF: 3,157 (2020), FI: 2.

### 7.3 Egyéb közlemények

- [8] Bagi, P.; **Juhász, K.**; Timári, I.; Kövér, E. K.; Mester, D.; Kállay, M.; Kubinyi, M.; Szilvási, T.; Pongrácz, P.; Kollár, L.; Karaghiosoff, K.; Czugler, M.; Drahos, L.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *J. Organomet. Chem.*, **2015**, 797, 140-152.  
DOI: 10.1016/j.jorganchem.2015.08.013. IF: 2,336 (2015).
- [9] Bagi, P.; Herbay, R.; **Juhász, K.**; Varga, B.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **2016**, 191 (11-12), 1459-1461.  
DOI: 10.1080/10426507.2016.1212039. IF: 0,723 (2016), FI: 1.
- [10] Bagi, P.; **Juhász, K.**; Kállay, M.; Hessz, D.; Kubinyi, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Heteroat. Chem.*, **2018**, 21411.  
DOI: 10.1002/hc.21411. IF: 1,137 (2018).

### 7.4 Előadások

- [11] **Juhász, K.**; Hell, Z. *Grignard*-reagensok kalkonszármazékokra történő heterogén katalitikus 1,4-addíciója. 2018. október 24-27. XXIV. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Szovátafürdő, Románia.
- [12] **Juhász, K.**; Hell, Z.; Bagi, P. Királis segédanyagok hatásának vizsgálata szilárd hordozós átmenetifém-katalizátorokkal végzett reakciókban. 2018. február 23. Kari ÚNKP rendezvény, Budapest.
- [13] **Juhász, K.**; Hell, Z.; Bagi, P. Királis segédanyagok alkalmazhatóságának vizsgálata szilárd hordozós átmenetifém-katalizátorokkal végzett reakciókban. 2017. október 16-18. XL. Kémiai Előadói Napok, Szeged.

### 7.5 Poszterek

- [14] **Juhász K.**; Hell Z. Heterogeneous catalytic 1,4-addition reaction in the presence of supported metal catalysts. 2019. szeptember 23. 1. George Olah Conference