



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

**ÖT- ÉS HATTAGÚ P-HETEROCIKLUSOK RESZOLVÁLÁSA ÉS
HASZNOSÍTÁSA LIGANDUMKÉNT**

Tézisfüzet

Szerző:

Bagi Péter

Témavezető:

Dr. Keglevich György

Konzulens:

Dr. Fogassy Elemér

Szerves Kémia és Technológia Tanszék

2014

1. Bevezetés

A P-aszimmetria-centrumot tartalmazó foszforvegyületek fontos szerepet töltenek be az élő szervezetekben és a szintetikus szerves kémiában. Számos biológiailag aktív foszforvegyület ismert,¹ emellett királis foszforvegyületek átmenetifém-komplexeit alkalmazzák katalizátorként enantioszelektív homogén katalitikus reakciókban.²

PhD munkámat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szerves Kémia és Technológia Tanszékén *Dr. Keglevich György* és *Dr. Fogassy Elemér* irányításával végeztem. Munkám során célul tűztük ki, hogy a kutatócsoportban korábban kidolgozott resolválási eljárásokat^{3,4} kiterjesszük olyan öt- és hattagú P-királis heterociklusos vegyületek enantiomerjeinek előállítására, amelyek optikailag aktív formában még nem voltak ismertek. Emellett célunk volt annak vizsgálata, hogy a kutatócsoportban hattagú P-heterociklusok előállítására kidolgozott korábbi eljárások⁵ közül melyik reakció jár racemizációval, illetve az optikai aktivitás megmaradásával. Vizsgálni kívántuk az öttagú P-heterociklusok komplexképzési reakcióit racém és optikailag aktív öttagú P-heterociklus borán- és platina-komplexek előállítására céljából. Együttműködés keretein belül, az előállított optikailag aktív platina-komplexeket pedig katalizátorként kívántuk tesztelni sztirol hidroformilezési reakciójában.

2. Irodalmi háttér

Az első optikailag aktív P-királis vegyület előállítása óta az enantiomertiszta királis foszforvegyületek előállítására szolgáló módszerek jelentős fejlődésen mentek keresztül.² Az aszimmetrikus szintézis mellett racém P-királis vegyületek resolválására is számos módszert dolgoztak ki kovalens diasztereomer, diasztereomer só, diasztereomer fém- vagy molekulakomplex-képzésen keresztül.^{6,7} Kutatócsoportunk az elmúlt években kidolgozott diasztereomer molekulakomplex- és koordinációs-komplex-képzésen alapuló resolválási eljárást elsősorban aril-, alkil- és alkoxi-3-metil-3-foszfórolén-oxidok enantiomerjeinek

¹ Quin, L. D. *A guide to organophosphorus chemistry*; John Wiley & Sons: New York, 2000.

² Noyori, R. *Asymmetric Catalysis in Organic Synthesis*; John Wiley & Sons: New York, 1994.

³ Novák, T.; Ujj, V.; Schindler, J.; Czugler, M.; Kubinyi, M.; Mayer, Z. A.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Tetrahedron: Asymmetry* **2007**, *18*, 2965-2972.

⁴ Ujj, V.; Bagi, P.; Schindler, J.; Madarász, J.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Chirality* **2010**, *22*, 699-705.

⁵ Keglevich, G. *Curr. Org. Chem.* **2006**, *10*, 93-111.

⁶ Pietrusiewicz, K. M.; Zablocka, M. *Chem. Rev.* **1994**, *94*, 1375-1411.

⁷ Grabulosa, A. *P-Stereogenic Ligands in Enantioselective Catalysis*; The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2010.

elválasztására TADDOL-származékokat és borkősav-származékok Ca^{2+} -sóit alkalmazva resolválóágensként.^{3,4}

Az optikailag aktív P(III)-vegyületeket elterjedten alkalmazzák átmenetifém katalizátorok ligandumaként. Az átmenetifém-foszfin-katalizátorokat aszimmetrikus katalitikus reakciókban, többek között hidrogénezési és hidroformilezési reakciókban lehet használni.² Az enantioszelektív hidroformilezési reakciók közvetlenül a gyógyszeripari érdeklődés középpontjában állnak, ugyanis vinil-származékok hidroformilezésével enantiomertiszta, nem szteroid-típusú gyulladásgátlók intermedierjei szintetizálhatók.⁸ Aszimmetrikus hidroformilezési reakciókhoz leggyakrabban ródium- és platina-foszfin komplexeket alkalmaznak katalizátorként. A P(III)-ligandumok között pedig mind királis vázat, mind királis foszforatomot tartalmazó ligandumokat is lehet találni. Azonban a P-királis heterociklusos ligandumot tartalmazó átmenetifém-katalizátorok enantioszelektív hidroformilezési reakciókban történő alkalmazása kevésbé kutatott terület.^{9,10,11}

3. Kísérleti módszerek

Az új vegyületek szerkezetét ^{31}P , ^{13}C , és ^1H NMR spektroszkópiával és HRMS mérésekkel jellemeztük. A diasztereomerekben a sztöchiometriai arányok meghatározása ^1H NMR spektroszkópia alkalmazásával történt. Az optikailag aktív vegyületek (**1** és **15**) enantiomertisztaságának meghatározása királis állófázisú HPLC (Perkin Elmer Series 200 készülék, Kromasil® 5-Amycoat kolonna), illetve királis állófázisú GC (Agilent 4890D készülék és Supelco BETADEx™ 120 kolonna vagy Thermo Scientific FOCUS készülék és Cyclodex kolonna) alkalmazásával történt. A fajlagos optikai forgatóképesség mérést Perkin–Elmer 243 polariméteren végeztük.

Az UV és CD spektroszkópiai méréseken és kvantumkémiai számításokon alapuló abszolút konfiguráció meghatározást *Dr. Kubinyi Miklós*, *Dr. Kállay Mihály* és *Hessz Dóra* végezte. Az UV-VIS, illetve CD spektrumok felvétele Agilent 8453 diódasoros spektrométeren, illetve Jasco J-810 spektropolariméteren történt. A konformációanalízist molekulamechanikai számítással MMFF94 erőteret alkalmazva, míg a kvantumkémiai számításokat DFT és TD-DFT módszerrel PBE0 funkcionált és 6-311++G** bázist alkalmazva végezték.

⁸ Botteghi, C.; Paganelli, S.; Schionato, A.; Marchetti, M. *Chirality* 1991, 3, 355-369.

⁹ Agbossou, F.; Carpentier, J.-F.; Mortreux, A. *Chem. Rev.* **1995**, 95, 2485-2506.

¹⁰ Kollár, L.; Keglevich, G. *Chem. Rev.* 2010, 110, 4257-4302.

¹¹ Franke, R.; Selent, D.; Börner, A. *Chem. Rev.* **2012**, 112, 5675-5732.

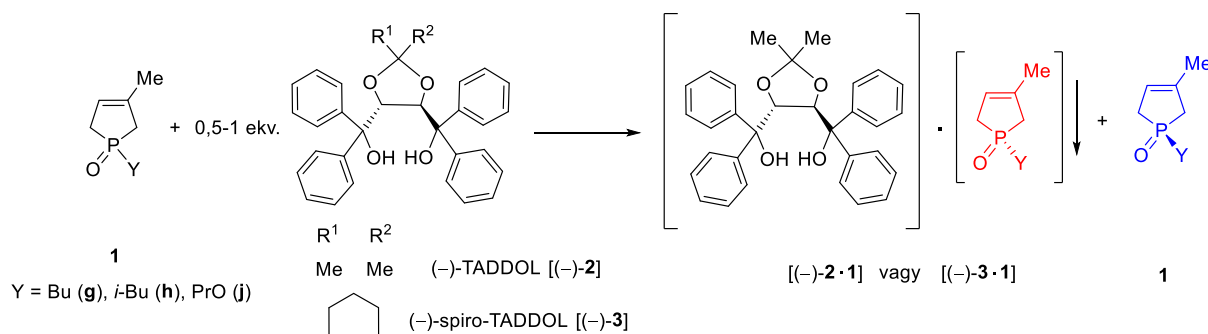
Az egykristály röntgendiffrakciós vizsgálatokat és a kiértékelést *Dr. Czugler Mátyás* és *Holczbauer Tamás* végezte. Az egykristály röntgendiffrakciós méréseket a R-Axis RAPID diffraktométeren végezték (Cu-K α röntgensugárzás, grafit monokromátor).

A kvantumkémiai számításokat *Dr. Körtvélyesi Tamás* és *Szilvási Tibor* végezte. A kvantumkémiai számításokhoz RI-B97-D/6-31G(d), illetve ω B97X-D/cc-pVTZ módszert, valamint cc-pVTZ-PP pszeudopotenciált használtak.

4. Eredmények

4.1. Az 1-Butil-, 1-*i*-butil-, 1-*i*-pentil- és 1-propoxi-3-metil-3-foszfóolén-1-oxidok (**1g-j**) reszolválása, illetve XRD és CD spektroszkópiai vizsgálata

Eredményesen valósítottuk meg az 1-butil-, 1-*i*-butil- és 1-propoxi-3-metil-3-foszfóolén-1-oxidok (**1g**, **1h** és **1j**) reszolválását TADDOL-lal, illetve spiro-TADDOL-lal [(-)-**2** és (-)-**3**]. Minden 3-foszfóolén-oxid (**1g**, **1h** és **1j**) esetén sikerült olyan körülményeket találni, amellyel a megfelelő enantiomereket 95% feletti enantiomertisztasággal tudtuk előállítani.^[4,5,7]

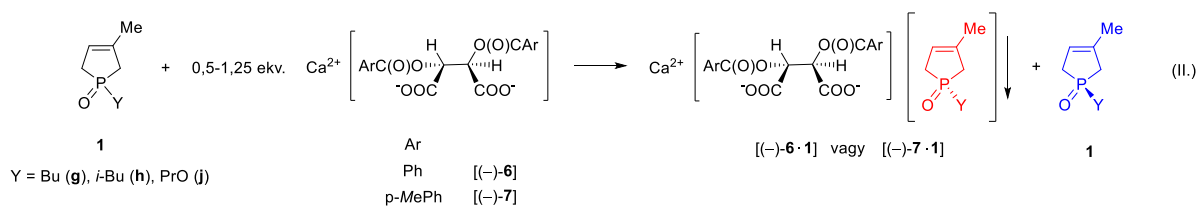
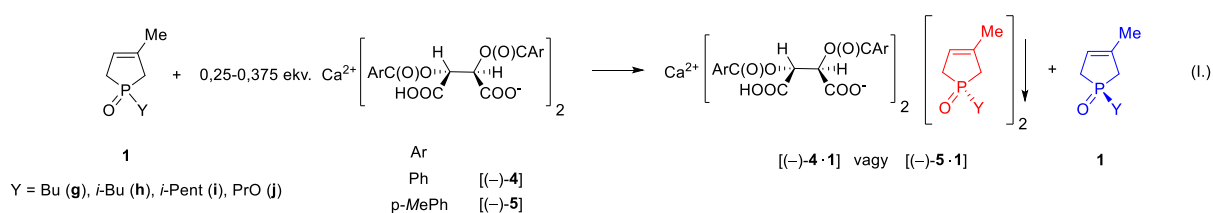


Részletesen vizsgáltuk az oldószer reszolválásban betöltött szerepét. Megfigyeltük, hogy a metanol, etanol és izopropil-alkohol is eredményesen alkalmazható oldószer a spiro-TADDOL-lal [(-)-**3**] végzett reszolválásokhoz. Több esetben tapasztaltuk, hogy az oldószer jelentősen befolyásolta a reszolválás eredményességét, és bizonyos esetekben azt is, hogy a keletkező diasztereomer komplexbe melyik 3-foszfóolén-oxid (**1g**, **1h** és **1j**) enantiomer épült be.^[4,5,7]

Az 1-butil- és 1-propoxi-3-metil-3-foszfóolén-1-oxidok (**1g** és **1j**) esetében sikerült olyan eljárást kidolgoznunk, hogy a megfelelő racém vegyületből mindkét enantiomer előállítható volt. A butil-3-foszfóolén-oxid (**1g**) esetében mindkét enantiomert előállítottuk ugyanazzal a reszolválóágenssel, a spiro-TADDOL-lal [(-)-**3**] eltérő oldószereket alkalmazva. A propoxi-

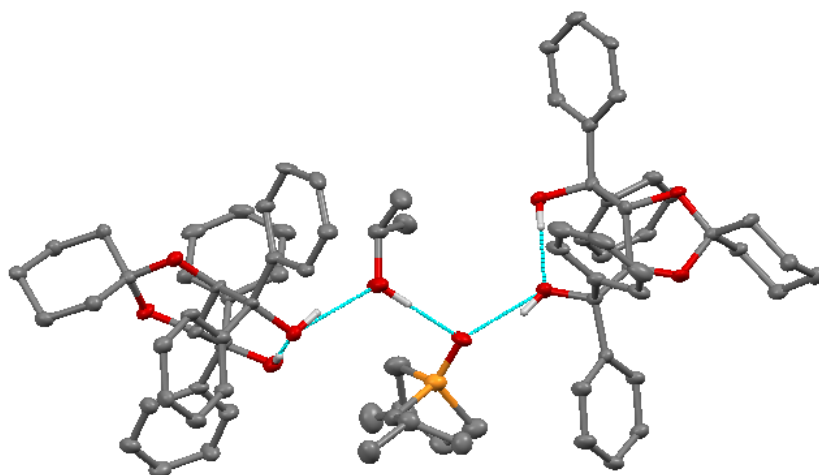
3-foszfolén-oxid (**1j**) esetében pedig az egyik enantiomert TADDOL-lal [(-)-**2**], míg a másikat spiro-TADDOL-lal [(-)-**3**] állítottuk elő.^[4,5]

Az 1-butil-, 1-*i*-butil-, 1-*i*-pentil- és 1-propoxi-3-metil-3-foszfolén-1-oxidok (**1g-j**) rezolválását a (-)-*O,O'*-dibenzoil-borkösav és a (-)-*O,O'*-di-*p*-toluoil-borkösav savanyú és semleges Ca²⁺-sóival [(-)-**4** -(-)-**7**] több oldószerkeletben is vizsgáltuk. Bár általában a borkösav-származékok Ca²⁺-sóival [(-)-**4** - (-)-**7**] gyengébb eredményeket értünk el, mint a TADDOL-származékokkal [(-)-**2** és (-)-**3**], de az (*S*)-*i*-pentil-3-foszfolén-oxidot [(*S*)-**1i**] 95% enantiomertisztasággal állítottuk elő rezolválóagensként *O,O'*-di-*p*-toluoil-borkösav savanyú Ca²⁺-sóját alkalmazva [(-)-**5**].^[3-5,7]



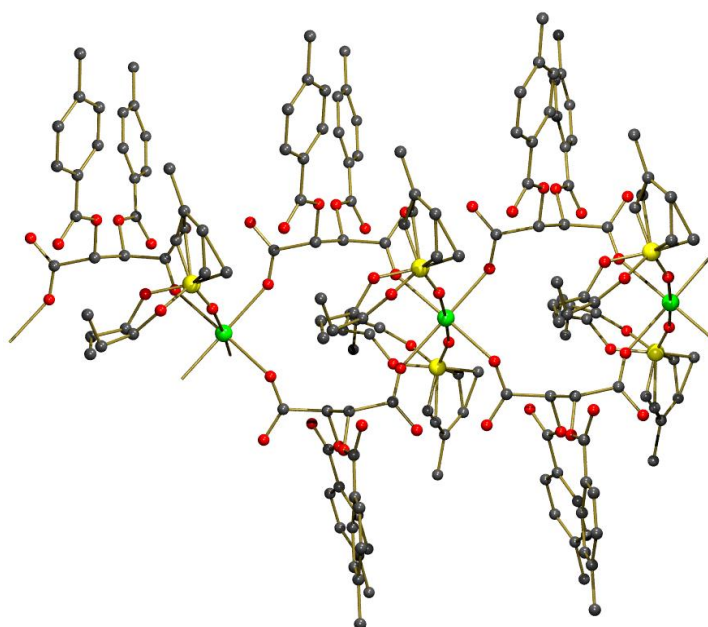
Az 1-butil-, 1-*i*-butil- és 1-propoxi-3-foszfolén-oxidok (**1g**, **1h** és **1j**) esetében sikerült egykristályt növeszteni a megfelelő rezolválószer jelenlétében. Az egykristály röntgendiffrakciós vizsgálatokkal 3-foszfolén-oxidok (**1g**, **1h** és **1j**) abszolút konfigurációjának meghatározása mellett a diasztereomert alkotó molekulák között kialakuló kölcsönhatásokat is vizsgálni tudtuk.

A (-)-**1g**·spiro-TADDOL és a (+)-**1h**·(spiro-TADDOL)₂ összetételű diasztereomerek esetében megfigyelhető volt, hogy a spiro-TADDOL [(-)-**3**] hidroxilcsoportja és a 3-foszfolén-oxid (**1g** vagy **1h**) P=O-csoportja között kialakuló intermolekuláris H-híd az elsődleges összetartó kölcsönhatás. Megállapítottuk, hogy a (+)-**1h**·(spiro-TADDOL)₂ diasztereomer esetén az izopropil-alkohol is beépült a kristályszerkezetbe (1. ábra). Ebben az esetben kapcsolatot fedeztünk fel a kristályszerkezet és a rezolválási eredmények között.^[5,7]



1. ábra: A (+)-*i*-butil-3-foszfólién-oxidot [(+)-**1h**], spiro-TADDOL-t [(-)-**3**] és izopropil-alkoholt 1:2:1 arányban tartalmazó összetételű molekulakomplex egykristály röntgenszerkezete.

A $\text{Ca}[(\text{-})\text{-1j}]_2(\text{H-DPTBS})_2$ összetételű diasztereomer esetén a Ca^{2+} -ionhoz koordinálódtak karboxilcsoportjaikkal az *O,O'*-di-*p*-toluoil-borkősav molekulák ezzel egy láncszerkezetet kialakítva, illetve a (-)-propoxi-3-foszfólién-oxid [(-)-**1j**] oxigénatomjának koordinációja volt a fő összetartó kölcsönhatás a P-heterociklus [(-)-**1j**] és a rezolválószer [(-)-**5**] között (2. ábra).^[4]



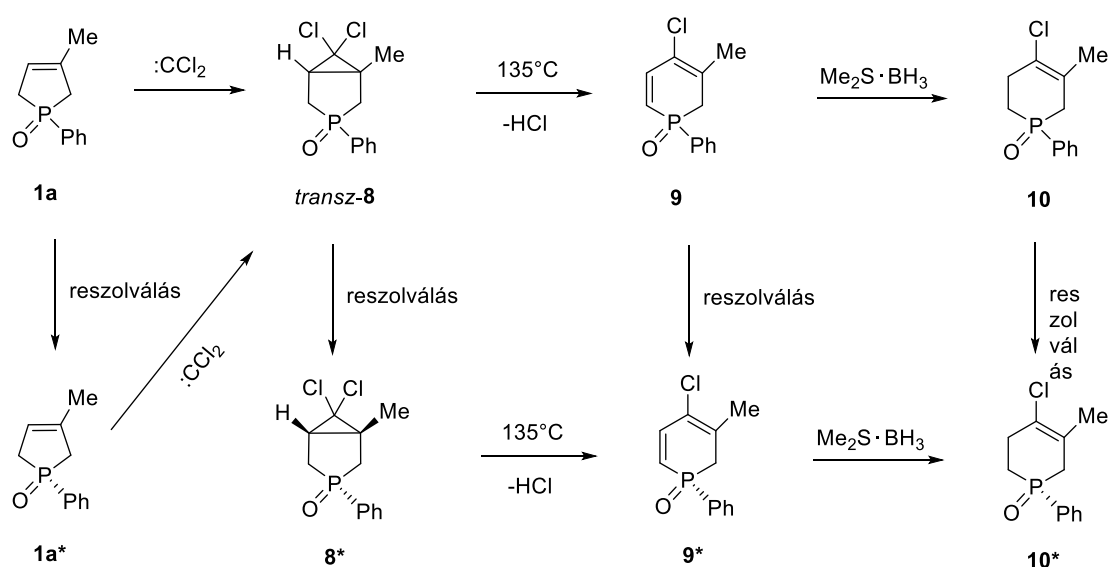
2. ábra: A $\text{Ca}[(\text{-})\text{-1j}]_2(\text{H-DPTBS})_2$ diasztereomer komplex egykristály röntgenszerkezete

A megfelelő 1-butil-, 1-*i*-butil-, 1-*i*-pentil- és 1-propoxi-3-metil-3-foszfolén-1-oxid (**1g-j**) enantiomerek abszolút konfigurációját UV és CD spektroszkópiai mérések és kvantumkémiai számítások alapján is meghatároztuk.^[4,5,7]

4.2. Optikailag aktív hattagú P-heterociklusok (8-10) előállítási lehetőségei

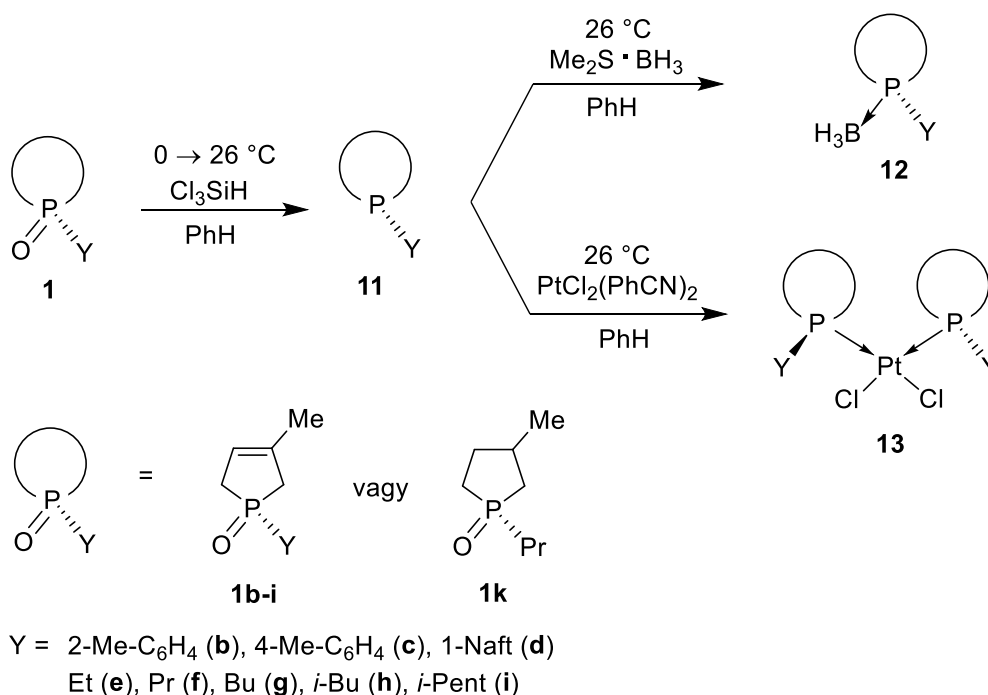
TADDOL-származékokat [(-)-**2** és (-)-**3**] és borkősav-származékok Ca²⁺-sóit [(-)-**4** és (-)-**5**] alkalmazva rezolválóagensként, sikerült megvalósítanunk hattagú P-heterociklusok, a 6,6-diklór-3-fenil-1-metil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-3-oxid (**8**) és az 1-fenil-4-klór-5-metil-1,2,3,6-tetrahydrofoszfinin-1-oxid (**10**) enantiomerjeinek elválasztását. A 3-fenil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-oxid mindkét enantiomerjét [(-)-**8** és (+)-**8**] előállítottuk 67%, illetve 55% enantiomertisztasággal, míg a fenil-1,2,3,6-tetrahydrofoszfinin-1-oxid esetében az egyes enantiomereket [(+)-**10** és (-)-**10**] 99%, illetve 65% enantiomertisztasággal kaptuk.^[2]

Emellett megállapítottuk, hogy a kutatócsoportban korábban hattagú P-heterociklusok (**8-10**) előállítására kidolgozott eljárások közül az fenil-3-foszfolén-oxid (**1a**) → 3-fenil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-oxid (**8**) reakció racemizációval jár. Ezzel szemben a 3-fenil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-3-oxid (**8**) → 1-fenil-1,2-dihydrofoszfinin-oxid (**9**) → fenil-1,2,3,6-tetrahydrofoszfinin-oxid (**10**) reakciósorban az egyes lépések során az optikai aktivitás megmarad. Tehát a 3-fenil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-oxid (**8**) optikailag aktív formában kizárólag rezolválással állítható elő, míg a fenil-1,2-dihydrofoszfinin-oxid (**9**) és fenil-1,2,3,6-tetrahydrofoszfinin-oxid (**10**) enantiomerjei, a megfelelő optikailag aktív kiindulási anyagokból történő szintézissel, illetve rezolválással is előállíthatók.^[2]



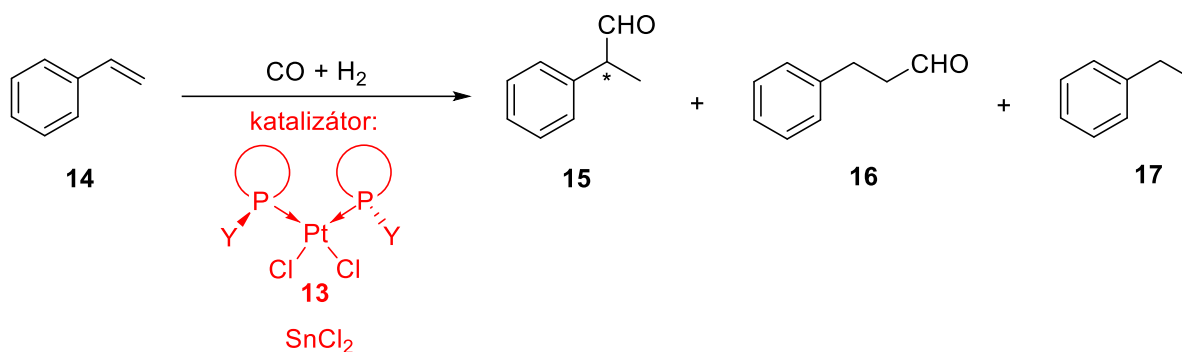
4.3. Öttagú P-heterociklusok borán- és platina-komplexeinek (12 és 13) szintézise

Racém és optikailag aktív aril- és alkil-3-metil-3-foszfolén-oxidokból (**1b-i**) és 1-propil-3-metilfoszfolén-oxidból (**1k**) egy deoxigénezési lépésen keresztül előállítottuk a megfelelő racém és optikailag aktív borán- és platina-komplexeiket (**12** és **13**). Az előállított vegyületek az irodalomban ismeretlenek voltak, így szerkezetüket jellemeztük. A platina-komplexeiben (**13**) a ligandumok relatív térállása *cis*z volt, amit a ^{31}P NMR spektrumban megjelenő sztereospecifikus $^1J_{\text{Pt-P}}$ csatolási állandók alapján határoztuk meg. A platina-komplexeik (**13**) szerkezetét kvantumkémiai módszerekkel is vizsgáltuk.^[1,3,6]



4.4. Öttagú P-heterociklusos ligandumot tartalmazó platina-komplexeik (13) katalizátorként történő alkalmazása enantioszelektív hidroformilezésben

Az előállított racém és optikailag aktív platina-komplexeiket (**13**) katalizátorként teszteltük sztirol (**14**) hidroformilezési reakciójában. Megállapítottuk, hogy az aril-szubsztituált származékokkal (**13b-d**) elért konverzió értékek magasabbak voltak, mint a megfelelő alkil-származékokkal (**13e-i** és **13k**) kapott értékek, ami feltehetően a ligandumok eltérő Lewis-karakterével magyarázható. Az aril- és alkil-3-foszfolén-platina-komplexeik (**13b-i**) esetében nem fedezhető fel kapcsolat az aril- és alkil-szubsztituens szerkezete és az elért kemo- és regioszelektivitás között, de a legtöbb alkil-foszfolén-platina-komplex (**13e-i**) enantioszelektivitás szempontjából eredményesebben alkalmazható, mint a megfelelő aril-származékok (**13b-d**).^[1,3,6]



5. Tézisek

1. Megvalósítottuk a butil-, *i*-butil- és propoxi-3-foszfólen-oxidok rezolválását TADDOL-származékokkal. A megfelelő 3-foszfólen-oxid enantiomereket 95% feletti enantiomertisztasággal állítottuk elő.^[4,5,7]
2. A butil-, *i*-butil-, *i*-pentil- és propoxi-3-foszfólen-oxidok rezolválását *O,O'*-dibenzoil-, illetve *O,O'*-di-*p*-toluoil-borkősav savanyú és semleges Ca²⁺-sóival is megvalósítottuk. Az (*S*)-*i*-pentil-3-foszfólen-oxidot 95% enantiomertisztasággal állítottuk elő rezolválóagensként *O,O'*-di-*p*-toluoil-borkősav savanyú Ca²⁺-sóját alkalmazva.^[3-5,7]
3. Eljárást dolgoztunk ki az 1-butil- és 1-propoxi-3-foszfólen-oxid mindkét enantiomerjének előállítására. A butil-3-foszfólen-oxid mindkét antipódját ugyanazzal a rezolválóagenssel, a spiro-TADDOL-lal eltérő oldószerekben állítottuk elő. A propoxi-3-foszfólen-oxid esetében pedig TADDOL-lal, illetve spiro-TADDOL-lal állítottuk elő mindkét antipódot.^[4,5]
4. Megállapítottuk, hogy a 3-fenil-3-foszfabiciklo[3.1.0]hexán-oxid optikailag aktív formában kizárólag rezolválással állítható elő TADDOL-származékokkal és borkősav-származékok Ca²⁺-sóival, mert a 3-fenil-3-foszfobiciklo[3.1.0]hexán-oxid optikailag aktív fenil-3-foszfólen-oxidból történő előállítása során racemizáció történik.^[2]
5. Megállapítottuk, hogy 1-fenil-1,2,3,6-tetrahidrofoszfinin-oxid enantiomerjei az optikailag aktív 1-fenil-1,2-dihidrofoszfinin-oxidból történő szintézissel, illetve a megfelelő racém vegyület rezolválásával is előállíthatók TADDOL-lal, illetve *O,O'*-di-*p*-toluoil-borkősav savanyú Ca²⁺-sójával.^[2]
6. A butil-, *i*-butil-, *i*-pentil- és propoxi-3-foszfólen-oxidot, 3-fenil-3-foszfobiciklo[3.1.0]hexán-oxidot és az 1-fenil-1,2,3,6-tetrahidrofoszfinin-oxidot elsőként állítottuk elő optikailag aktív formában. Az enantiomertisztaság meghatározásához analitikai módszereket dolgoztunk ki.^[2,3-5,7]

7. UV és CD spektroszkópiai mérések és kvantumkémiái számítások alapján meghatároztuk az adott butil-, *i*-butil-, *i*-pentil- és propoxi-3-foszfólen-oxid enantiomerek abszolút konfigurációját.^[4,5,7]
8. Néhány esetben egykristály formájában kinyertük az butil-, *i*-butil- és propoxi-3-foszfólen-oxidok rezolválása során keletkező diasztereomereket, amelyek szerkezetét egykristály röntgendiffrakció segítségével vizsgáltuk. A mérésekkel a 3-foszfólen-oxidok abszolút konfigurációja mellett a diasztereomer komplexet alkotó molekulák közötti fő másodrendű kölcsönhatások is meghatározhatók voltak.^[4,5,7]
9. Racém és optikailag aktív aril- és alkil-3-metil-3-foszfólen-oxidokból és egy foszfólen-oxidból egy deoxigénezési lépésen keresztül előállítottuk a megfelelő racém és optikailag aktív borán- és platina-komplexeket.^[1,3,6]
10. ³¹P NMR vizsgálatokkal, a sztereospicifikus ¹J_{Pt-P} csatolási állandók alapján megállapítottuk, hogy az előállított platina-komplexek *cisz*-szerkezetűek, amit a kvantumkémiái számítások is alátámasztottak.^[1,3,6]
11. Az előállított racém és optikailag aktív platina-komplexeket hidroformilezési reakcióban teszteltük. Összefüggéseket találtunk a katalizátor szerkezete, és katalitikus aktivitása, valamint szelektivitása között.^[1,3,6]

6. Alkalmazási lehetőségek

A munkám során öt- és hattagú P-heterociklusok (**1g-j** és **8-10**) enantiomerjeinek elválasztásához alkalmazott rezolválási módszerek általánosan alkalmazhatóak feltehetően aciklusos foszfin-oxidok rezolválására is, ugyanis valószínűleg a P=O funkció jelenléte elengedhetetlen az eredményes rezolváláshoz, ahogy arra az egykristály röntgendiffrakciós vizsgálatok is rámutattak.

A PhD munkám során előállított királis öttagú P-heterociklusos ligandumot tartalmazó Pt-komplexeket (**13**) katalizátorként alkalmaztunk sztirol enantioszelektív hidroformilezési reakciójában. Azonban az előállított P-királis heterociklusos foszfinok (**11**) más átmenetifémek ligandumaiként történő alkalmazása is megvalósítható.

7. Közlemények

Az értekezés alapját képező közlemények:

- [1.] Keglevich, G.; Bagi, P.; Szöllősy, Á.; Körtvélyesi, T.; Pongrácz, P.; Kollár, L.; Drahos, L. *J. Organomet. Chem.* **2011**, 696, 3557-3563; **IF: 2.384**; F. i.: 1.
- [2.] Bagi, P.; Laki, A.; Keglevich, G. *Heteroatom Chem.* **2013**, 24, 179.; **IF: 1.257**; F. i.: 0.
- [3.] Bagi, P.; Kovács, T.; Szilvási, T.; Pongrácz, P.; Kollár, L.; Drahos, L.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *J. Organomet. Chem.* **2014**, 751, 306. **IF: 2.302**; F. i.: 0.
- [4.] Bagi, P.; Kállay, M.; Hessz, D.; Kubinyi, M.; Holczbauer, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Tetrahedron: Asymmetry* **2014**, 25, 318. **IF: 2.165**; F. i.: 0.
- [5.] Bagi, P.; Fekete, A.; Kállay, M.; Hessz, D.; Kubinyi, M.; Holczbauer, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Chirality* **2014**, 26, 174. **IF: 1.724**; F. i.: 0.
- [6.] Bagi, P.; Szilvási, T.; Pongrácz, P.; Kollár, L.; Drahos, L.; Keglevich, G. *Curr. Org. Chem.* **2014**, nyomdában. **IF: 2.537**; F. i.: 0.
- [7.] Bagi, P.; Fekete, A.; Kállay, M.; Hessz, D.; Kubinyi, M.; Holczbauer, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Heteroatom Chem.* **2014**, közlésre elfogadva. **IF: 1.257**; F. i.: 0.

Az értekezéshez kapcsolódó rövid közlések:

- [8.] Ujj, V.; Bagi, P.; Laki, A.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2010**, 186, 792-793.; **IF: 0.621**; F. i.: 0.
- [9.] Bagi, P.; Kovács, T.; Laki, A.; Fekete A.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2013**, 188, 36.; **IF: 0.827**; F. i.: 0.
- [10.] Bagi, P.; Kovács, T.; Kollár, L.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2014**, meghívás alapján közlésre beküldve, **IF: 0.827**; F. i.: 0.

Az értekezéshez tágabban kapcsolódó közlemények:

- [11.] Ujj, V.; Schindler, J.; Bagi, P.; Madarász, J.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Chirality* **2010**, 22, 699-705; **IF: 2.892**; F. i.: 0.
- [12.] Keglevich, G.; Bagi, P.; Bálint, E. *Platinum Compounds, Production and Applications* Varrennikov, L., Yedemsky, E., Eds. *Nova Science Publishers New York*, **2013**, p 83.; **IF: 0**; F. i.: 0.
- [13.] Keglevich, G.; Grün, A.; Bagi, P.; Bálint, E.; Kiss, N. Z.; Kovács, R.; Jablonkai, E.; Kovács, T.; Fogassy, E.; Greiner, I. *Per. Pol. Chem. Eng.* **2014**, közlésre elfogadva. **IF: 0.269**; F. i.: 0.

Az értekezéshez nem kapcsolódó egyéb közlemények:

- [14.] Szeleczy, Z.; Bagi, P.; Pálovics, E.; Fogassy, E. *Tetrahedron Asymmetry* **2014**, 5, 1095. **IF: 2.165**; F. i.: 0.
- [15.] Pálovics, E.; Szeleczy, Z.; Bagi, P.; Faigl, F.; Fogassy, E. *Per. Pol. Chem. Eng.* **2014**, közlésre elfogadva. **IF: 0.269**; F. i.: 0.
- [16.] Bagi, P. *Per. Pol. Chem. Eng.* **2009**, 53, 19.; **IF: 0**; F. i.: 0.

Előadások:

[17.] Bagi, P.; Ujj, V.; Schindler, J.; Fogassy, E. *Borkősav származékok fém sóinak alkalmazása P-királis vegyületek resolválására*, XXXII. Kémiai Előadói Napok, Szeged, 2009.

[18.] Bagi, P.; Keglevich, G.; Fogassy, E. *5- és 6-tagú P-heterociklusok resolválása és komplexképzési reakciói*, XXXIV. Kémiai Előadói Napok, Szeged, 2011.

[19.] Bagi, P.; Keglevich, G.; Fogassy, E. *5- és 6-tagú P-heterociklusok resolválása és komplexképzési reakciói*, XXXV. Kémiai Előadói Napok, Szeged, 2012.

[20.] Bagi, P.; Keglevich, G.; Fogassy, E. *Foszfor-heterociklusok resolválása; racém és optikailag aktív foszfor-heterociklust tartalmazó Pt-komplexek előállítása és alkalmazása katalizátorként*, Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület által szervezett "Nemzedékek együttműködése a tudományban" konferencia, Budapest, 2012.

[21.] Bagi, P.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *5- és 6-Tagú P-heterociklusok resolválása; Racém és optikailag aktív platina(II)-1-alkil-3-foszfólen komplexek szintézise, molekulaszervezete, katalitikus aktivitása*, Oláh György Doktori Iskola X. konferenciája, Budapest, 2013.

[22.] Bagi, P.; Kovács, T.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Novel racemic and optically active 1-alkyl-3-phospholene platinum(II) complexes*, 10th European Workshop on Phosphorus Chemistry, Regensburg, 2013.

[23.] Bagi, P.; Kovács, T.; Szilvási, T.; Kállay, M.; Kubinyi, M.; Czugler, M.; Drahos, L.; Kollár, L.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *5- és 6-tagú P-heterociklusok resolválása és komplexképzési reakciói*, MTA Heterociklusos és Elemorganikus Kémiai Munkabizottságának előadójelentése, Balatonszemes, 2013.

[24.] Bagi, P.; Kovács, T.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *5- és 6-tagú P-heterociklusok resolválása és komplexképzési reakciói*, Vegyészkonferencia 2013, Hajdúszoboszló, 2013.

[25.] Bagi, P.; Kovács, T.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Resolution and complexation reactions of 5- and 6-membered P-heterocycles* 15. Österreichische Chemietage 2013, Graz, 2013.

Posztterek:

[26.] Bagi, P.; Kovács, T.; Laki, A.; Kállay, M.; Pongrácz, P.; Kollár, L.; Körtvélyesi, T.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Resolution of 6-membered P-heterocycles; Racemic and optically active platinum(II)-1-alkyl-3-phospholene complexes: synthesis, stereostructure and catalytic activity*, 9th European Workshop on Phosphorus Chemistry, Rennes, 2012.

[27.] Bagi, P.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *6-Tagú P-heterociklusok resolválása; Racém és optikailag aktív platina(II)-1-alkil-3-foszfólen komplexek szintézise, molekulaszervezete, katalitikus aktivitása*, Oláh György Doktori Iskola IX. konferenciája, Budapest, 2012.

[28.] Bagi, P.; Kovács, T.; Laki, A.; Fekete, A.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Resolution of 5- and 6-membered P-heterocycles; Racemic and optically active platinum(II) - 1-alkyl-3-phospholene complexes*, 19th International Conference on Phosphorus Chemistry, Rotterdam, 2012.

- [29.] Keglevich, G.; Bagi, P.; Kovács, T.; Fogassy, E. *Novel racemic and optically active 1-alkyl-3-phospholene platinum(II)-complexes*, XVth International Conference "Heterocycles in Bio-organic Chemistry", Riga, 2013.
- [30.] Keglevich, G.; Bagi, P.; Rapi, Zs.; Bakó, P.; Drahos, L.; Szolnoki, B.; Marosi, Gy. *The synthesis of bio-based flame-retarded epoxy-precursors*, 15th International Conference "Polymers and Organic Chemistry", Temesvár, 2014.
- [31.] Bagi, P.; Kovács, T.; Kollár, L.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Novel platinum(II) – complexes incorporating optically active P-heterocycles as the ligands*, 20th International Conference on Phosphorus Chemistry, Dublin, 2014.