



---

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

## **P-Heterociklusok reszolválása borkősav- származékokkal**

Tézisfüzet

*Szerző:* Ujj Viktória  
*Témavezető:* Dr. Fogassy Elemér  
Dr. Keglevich György  
*Konzulens:* Schindler József

Szerves Kémia és Technológia Tanszék

2009

---

## 1. Bevezetés

Doktori munkám során P-királis foszfin-oxidok rezolválásával foglalkoztam. A P-aszimmetria-centrumot tartalmazó foszforvegyületeket elsősorban aszimmetrikus szintézisekben alkalmazzák homogén katalitikus reakciók katalizátorainak ligandumaként, de ismert néhány gyógyszerként történő alkalmazás is.<sup>1</sup> Királis foszfinok előállítására, a foszfin-oxidok rezolválása, majd ezt követően a kapott enantiomerek deoxigénezése még előnyösebb eljárás, mint az enantioszelektív szintézisek. Annak ellenére, hogy a szerves P-királis vegyületek nem találhatók meg enantiomertiszta formában a természetben és előállításuk is nehézkes, az elmúlt évtizedekben rendkívüli módon fejlődött ez a terület, köszönhetően számos más tudományterületnek, mint a kemoterápia, növényi kártevők elleni védekezés, biokémia, aszimmetrikus szintézisek és katalízis.<sup>2</sup>

Kutatómunkámat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szerves Kémia és Technológia Tanszéken *Dr. Fogassy Elemér* és *Dr. Keglevich György* egyetemi tanárok, valamint *Dr. Novák Tibor* (2007. dec. 31-ig) és *Schindler József* irányításával végeztem. A Tanszéken több évtizedes hagyománya van a P-heterociklusok szintézisének. Számos módszert dolgoztak ki öt-, hat- és hétagú P-heterociklusok és áthidalt vegyületcsaládok előállítására elsősorban foszfin-ligandként történő felhasználás céljából. Ezek a vegyületek a legtöbb esetben tartalmaznak foszfor aszimmetria-centrumot, ami felveti az optikailag tiszta forma előállításának lehetőségét.

Célul tűztük ki, egy hatékony eljárás kidolgozását P-heterociklusok rezolválására. Tesztvegyületeknek a 3-metil-3-foszfolén-1-oxidokat választottuk, ezekkel nem csak enantiomertiszta vegyületek előállítása, hanem akár ipari méretekben is alkalmazható eljárás kidolgozása volt a célunk. Vizsgálni kívántuk továbbá a kidolgozott eljárás kiterjesztését további P-heterociklusok antipódjainak elválasztására.

## 2. Irodalmi háttér

Az irodalomban számos módszert találunk P-aszimmetria centrumot tartalmazó vegyületek rezolválására diasztereomer só, molekulakomplex, fémkomplex, kovalens diasztereomer képzéssel történő elválasztásra továbbá kromatográfias elválasztásra és kinetikus rezolválásra is.<sup>3</sup> Az eddig leírt eljárások, csak egyedi megoldásokat ismertettek, illetve az alkalmazott rezolválóágensek magas ára miatt igen költséges módszerek. A 3-

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

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

<sup>3</sup> Pietrusiewicz, K. M.; Zablocka, M. *Chem. Rev.* **1994**, *94*, 1375-1411.

metil-3-foszfólen-1-oxidok (**1**) sem savas sem bázikus csoportot nem tartalmaznak, viszont másodrendű kölcsönhatások kialakítására képes csoportot igen, ezért lehetséges a rezolválás diasztereomer komplexképzésen keresztül.

A természetes (+)-(2*R*,3*R*)-borkősav (TA) illetve származékai a legnagyobb mennyiségben alkalmazott királis reagensek a szerves kémiai reakciókban. Racém bázisok százait rezolválták borkősavval, *O*-acilezett származékaival a (-)-(2*R*,3*R*)-*O*,*O*'-dibenzoil-borkősavval (DBTA), valamint a (-)-(2*R*,3*R*)-*O*,*O*'-di-*p*-toluil-borkősavval (DPTTA).<sup>4,5</sup> Szintén a borkősav módosításával állíthatók elő a TADDOL-származékok. A legismertebb képviselői a (-)-(4*R*,5*R*)-bisz(difenilhidroximetil)-2,2-dimetildioxolán (TADDOL), valamint (-)-(2*R*,3*R*)- $\alpha,\alpha,\alpha',\alpha'$ -tetrafenil-1,4-dioxaspiro[4.5]dekán-2,3-dimetanol (spiro-TADDOL).<sup>6,7</sup>

A TADDOL-származékok a molekulában kialakuló intramolekuláris H-híd kötés mellett, H-akceptorokkal hajlamosak erős intermolekuláris H-híd kötésekkel alkotni. A kristályosodás folyamatában ez enantioszelektív módon olyan adduktok képződéséhez vezethet, melyek alkalmasak hagyományos diasztereomer sóképzés útján nem elválasztható racém keverékek szétválasztására.<sup>6</sup> Toda és munkatársai számos királis vegyületet vizsgáltak molekulakomplexek gazdavegyületeiként és már korán felismerték a TADDOL-vegyületek hatalmas jelentőségét ezen a területen.<sup>8</sup>

A Kutatócsoport korábbi kutatásai alapján a borkősav-származékok fémsói is kiváló rezolválóagensnek bizonyultak, mivel a fémionok koordinációs tulajdonságát kombinálták a DBTA királis megkülönböztetésben mutatott képességével.<sup>7</sup>

### 3. Kísérleti módszerek

Az új vegyületeket <sup>31</sup>P, <sup>13</sup>C és <sup>1</sup>H NMR spektrumokkal jellemeztük (Bruker DRX-500). A diasztereomer komplexekben a sztöchiometriai arányok meghatározása <sup>1</sup>H NMR alkalmazásával történt. A termelést a racém vegyület mennyiségének 50%-ra vonatkoztatva adtam meg. Az enantiomertisztaság meghatározása királis állófázisú HPLC (Chiralpack<sup>®</sup> AD-H, AD, Chiralcel<sup>®</sup> OD vagy Kromasil<sup>®</sup> 5-Cellucoat kolonna, Daicel Chem. Ind.) vagy királis állófázisú GC (Agilent 4890D, BETA DEX<sup>TM</sup> 120 kolonna), a diasztereomer felesleg meghatározása <sup>31</sup>P NMR alkalmazásával történt. A fajlagos optikai forgatóképesség mérést

<sup>4</sup> Jacques, J.; Collet, A.; Wilen, S. H. In *Enantiomers, Racemates and Resolutions*; Wiley: New York, 1981; pp. 259-260.

<sup>5</sup> Ács, M.; Fogassy, E.; Kassai, C.; Kozma, D.; Nógrádi, M. *CRC Handbook of Optical Resolutions via Diastereoisomeric Salt Formation*, Kozma ed.; CRC Press: Boca Raton, 2002.

<sup>6</sup> Seebach, D.; Beck, A.; Heckel, A. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **2001**, *40*, 92-138.

<sup>7</sup> Faigl, F.; Kozma, D. In *Enantiomer Separation: Fundamentals and Practical Methods*; Toda, F. Ed.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, 2004; pp. 73-101.

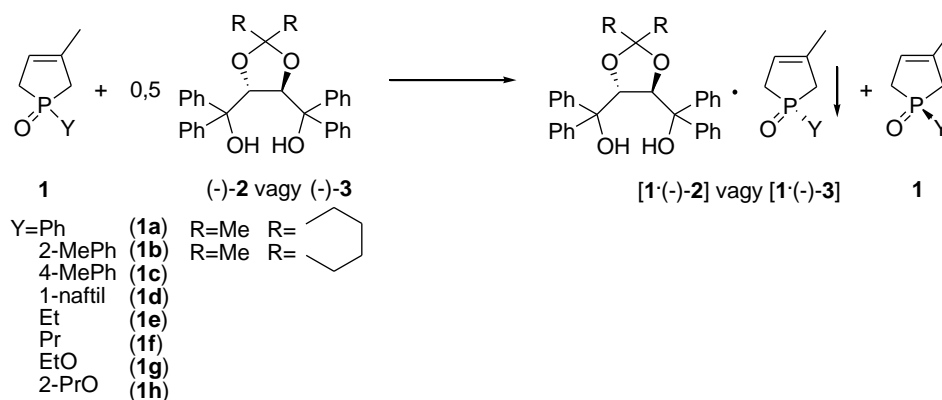
<sup>8</sup> Toda, F.; Tanaka, K. *Tetrahedron Lett.* **1988**, *29*, 551-554.

Perkin–Elmer 241 polariméteren végeztük. A differenciális pásztázó kalorimetriás (DSC) méréseket Setaram DSC92 típusú készüléken, a szimultán termogravimetria és differenciál termoanalízis (TG/DTA) méréseket SDT 2960 Simultaneous DTA-TGA készüléken (TA Instruments Inc., New Castle DE, USA) végeztük. Az FTIR spektrumok felvétele Bio-Rad Excalibur Series FTS 3000 FTIR spektrofotométeren történt. Az XRD felvételek X’pert PRO MPD (PANalytical, The Netherlands) porröntgen diffraktométeren készültek (röntgensugárzás: Cu-K $\alpha$ , szűrő: Ni, detektor: X’ Celerator Detector). Az UV-VIS spektrumok Agilent 8453 diódasoros spektrométeren, a CD spektrumok Jasco J-810 spektropolariméteren készültek. A méréseket és kiértékelést *Dr. Kubinyi Miklós, Dr. Kállay Mihály* és *Mayer A. Zsuzsa* végezte. Az egykristály röntgendiffrakció (Single Crystal XRD) felvételek Rigaku R-Axis RAPID Image Plate röntgendiffraktométeren készültek (röntgensugárzás: Mo-K $\alpha$ , monokromátor: grafit). A méréseket és kiértékelést *Dr. Czugler Mátvás* végezte.

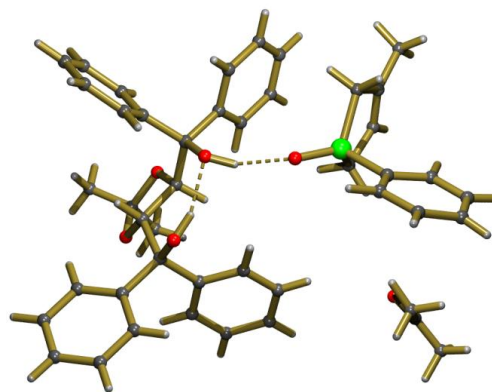
## 4. Eredmények

### 4.1 P-Heterociklusok resolválása TADDOL-származékokkal

Hatékony eljárást dolgoztunk ki 1-fenil-3-metil-3-foszfolén-1-oxid (**1a**) antipódjainak elválasztására királis komplexképző TADDOL [(-)-**2**] vagy spiro-TADDOL [(-)-**3**] alkalmazásával.[1] A módszert kiterjesztettük további hét származék, aril-, alkil-, alkoxi-szubsztituált foszfolén-oxidok (**1b-h**) resolválására. A racém foszfolén-oxidokat (**1**) fél ekvivalens TADDOL-lal [(-)-**2**], vagy spiro-TADDOL-lal [(-)-**3**] reagáltatva a legtöbb esetben 1:1 arányú kristályos diasztereomer molekulakomplexeket kaptunk. A diasztereomer keverékeket átkristályosítással tisztítottuk, a diasztereomerekből az enantiomerek visszanyerése oszlopkromatográfiás elválasztással történt. Az előállított foszfolén-oxidokat (**1**) magas enantiomertisztasággal kaptuk, hét vegyület esetében ee >95%-os tisztasággal.[2-4]



A kristályszerkezeteket és az abszolút konfigurációt egykristály röntgendiffrakciós mérésekkel határoztuk meg az [(*S*)-**1a**•(-)-**2**•aceton] (ábra), [(*R*)-**1e**•(-)-**3**], [(*R*)-**1f**•(-)-**2**] és [(*S*)-**1a**•(-)-**3**•aceton] diasztereomer komplexek esetében. Az elsődleges stabilizáló kölcsönhatás az intermolekuláris H-híd kölcsönhatás a vendégmolekula (**1**) P=O csoport O-atomja és a TADDOL-származék [(-)-**2** vagy (-)-**3**] egyik hidroxilcsoportja között, valamint az intramolekuláris H-híd kölcsönhatás a TADDOL-származék [(-)-**2** vagy (-)-**3**] két hidroxilcsoportja között.[1,2] A többi foszfolén-oxid (**1b-d,g-h**) esetében UV és CD-spektroszkópiái, valamint számításon alapuló kémiai eljárással határoztuk meg az abszolút konfigurációt.[2,5]

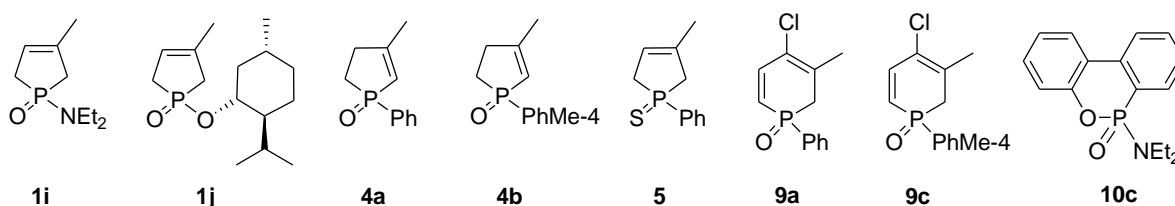


Megállapítottuk, hogy fél ekvivalens rezolválóágenssel érhető el maximális rezolválhatóság, míg a kristályosítási idő nem befolyásolta jelentős mértékben a rezolválást. Oldószerkelegyként alkalmazható etil-acetát-hexán illetve aceton-hexán. Az aceton több esetben beépült a kristályszerkezetbe, vagy esetenként „kiszorította” a foszfolén-oxidot a molekulakomplexből. Azonban azt találtuk, hogy potenciális H-akceptor oldószer is alkalmazható a rezolválások során, mindössze az oldószer mennyiségét kell optimalizálni. Az aceton molekulák jelenléte megváltoztatja a molekuláris felismerés folyamatát. További oldószer hatását hozzátéttként vizsgáltuk, mert önmagukban alkalmazva őket oldószerként nem keletkezett kristályos diasztereomer. Összefüggést találtunk a hozzátétek dielektromos állandója és a rezolválhatóság között.[6]

Ha a racém vegyület mellett rokonszerkezetű vegyület vagy a szintézis során alkalmazott, illetve keletkezett molekulák is találhatóak, akkor a kémiailag tiszta vegyület rezolválásához képest esetenként enantiomertisztaság javulást értünk el. Javítható az enantiomertisztaság keverék rezolválóágens alkalmazásával is és emellett információt kaptunk az összetétel alapján a diasztereomerek egymáshoz viszonyított stabilitásáról.[2]

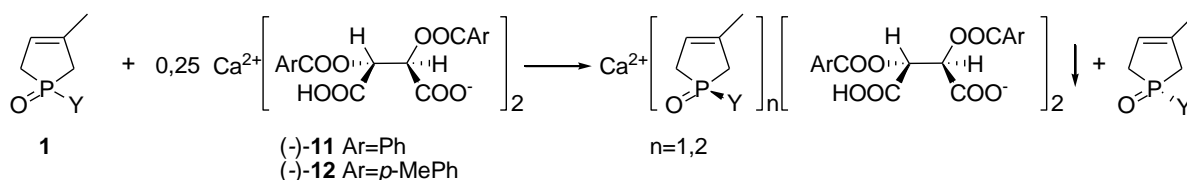
A rezolválási eljárást kiterjesztettük más típusú foszfolén-származékok és hattagú P-heterociklusok rezolválására is. Az 1-dietilamino- (**1i**), 1-mentil-3-foszfolén-oxid (**1j**), 2-

foszfolén-oxidok (**4a,b**), 1-fenil-3-foszfolén-szulfid (**5**), [2] dihidrofoszfinin-oxidok (**9a,c**) és dibenzooxafoszforin-oxid (**10c**) enantiomerjeinek elválasztását valósítottuk meg.

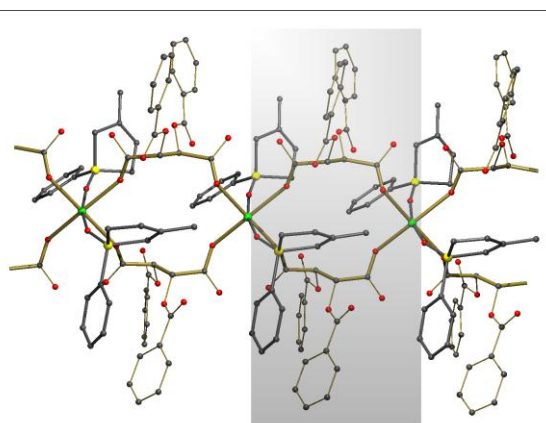


#### 4.2 *P*-Heterociklusok rezolválása borkősav-származékok fémsóival

Hatékony eljárást dolgoztunk ki 1-fenil- és 1-naftil-3-metil-3-foszfolén-1-oxidok (**1a** és **1d**) optikai izomerjeinek elválasztására *O,O'*-dibenzoil-(2*R*,3*R*)-borkősav (DBTA) vagy *O,O'*-di-*p*-toluil-(2*R*,3*R*)-borkősav DPTTA savanyú-kalcium-sóval [(-)-Ca(H-DBTA)<sub>2</sub>, (-)-**11** vagy (-)-Ca(H-DPTTA)<sub>2</sub>, (-)-**12**] koordinációs komplexképzésen keresztül. A módszer alapján a foszfolén-oxidokat (**1a** és **1d**) negyed ekvivalens kalcium-sóval [(-)-**11** vagy (-)-**12**] reagáltattuk, a diasztereomer keverékeket digerálással tisztítottuk, majd az enantiomerek kinyerése egyszerű preparatív eljárással, vizes ammóniás megbontással történt. A rezolválási módszer méretnövelhető volt, sikerült ~4 g (*R*)-**1a** (ee 96%) enantiomert előállítani.[4,7]



Az abszolút konfigurációt és a kristályszerkezetet stabilizáló kölcsönhatásokat egykristály röntgendiffrakciós mérésekkel határoztuk meg a [Ca((*R*)-**1a**)<sub>2</sub>(H-DBTA)<sub>2</sub>] koordinációs komplex esetében. A Ca<sup>2+</sup>-ionhoz hat ligandum koordinálódik O-atomokon keresztül oktaédes elrendezésben. A Ca<sup>2+</sup>-ionoknak jelentős szerepe van a makroszkopikus kristály kialakításában, mivel a Ca<sup>2+</sup>-ionokon keresztül összekapcsolódnak a H-DBTA egységek és létrehoznak egy végtelen egydimenziós polimer láncot.[7]



A többi foszfolén-oxid-származékra (**1b,c,e-h**) is kiterjesztettük a kidolgozott rezolválási eljárást (–)-**11** vagy (–)-**12** alkalmazásával, de a körülmények finomítása szükséges volt a jó enantiomer tisztaság elérése érdekében. Rezolváláskor  $[\text{Ca}(\mathbf{1})_2(\text{TA}^\#)_2]$  általános képletű diasztereomer komplexek keletkeztek (ahol  $\text{TA}^\#$ : H-DBTA vagy H-DPTTA), kivétel volt a  $[\text{Ca}((S)\text{-}\mathbf{1a})(\text{H-DPTTA})_2(\text{H}_2\text{O})]$  és a  $[\text{Ca}((S)\text{-}\mathbf{1f})(\text{H-DBTA})_2(\text{H}_2\text{O})]$ . A diasztereomer komplexek megbontását követően a foszfolén-oxidokat (**1**) magas enantiomertisztasággal kaptuk, hat vegyület esetében ee >90%-os tisztaságot értünk el.[8] Eljárást dolgoztunk ki három foszfolén-oxid (**1a,d,f**) mindkét enantiomerjének előállítására csak természetes borkősavból származtatott rezolválóagens [(–)-**11** vagy (–)-**12**] felhasználásával.[7,8]

Foszfolén-oxidok (**1**) rezolválására alkalmazható a Ca(DBTA) semleges-kalcium-só valamint más fémek dibenzoil-borkősav-sói közül a  $\text{Mg}(\text{H-DBTA})_2$  savanyú-magnézium-só.[8] Más királis vegyületek kalcium-sói esetében nem sikerült enantiomer megkülönböztetést elérni. A (–)- $\text{Ca}(\text{H-DBTA})_2$ , [(–)-**11**] vagy (–)- $\text{Ca}(\text{H-DPTTA})_2$ , [(–)-**12**] rezolválóágensekkel megvalósított eljárást kiterjesztettük a 6-dietilamino-dibenzo[*c.e*][5,6]oxafoszforin-6-oxid (**10c**) rezolválására.

## 5. Tézisek

1. Megállapítottam, hogy a P-aszimmetria-centrumot tartalmazó 3-metil-3-foszfólen-1-oxidok (**1**) enantiomerjeinek elválasztására alkalmas rezolválóágensek a TADDOL-vegyületek [(-)-**2** vagy (-)-**3**] és a borkósav-származékok kalcium-sói [(-)-**11** vagy (-)-**12**]. Eljárást dolgoztam ki a diasztereomer keverékek elválasztására kristályosítással, tisztítására átkristályosítással, újrareszolválással és digerálással, valamint a diasztereomerekből az enantiomerek elkülönítésére oszlopkromatográfiával és extrakcióval. A koordinációs komplexképzésen alapuló rezolválás méretnövelésre, akár ipari megvalósításra is alkalmas.[1-4,7,8]
2. A nyolc racém foszfólen-oxid (**1a-h**) rezolválásával előállított enantiomer új vegyület, meghatároztam fajlagos optikai forgatóképességüket, az enantiomertisztaság meghatározására királis állófázisú HPLC és GC módszereket dolgoztam ki.[2,8]
3. Meghatároztuk a 3-metil-3-foszfólen-1-oxidokból (**1a,e,f**) képzett öt diasztereomer komplex szerkezetét és az enantiomerek abszolút konfigurációját egykristály röntgendiffrakciós mérésekkel. A molekulakomplexekben az elsődleges stabilizáló kölcsönhatás az intermolekuláris H-híd kölcsönhatás a vendégmolekula (**1**) P=O csoport O-atomja és a TADDOL-származék [(-)-**2** vagy (-)-**3**] egyik hidroxilcsoportja között. A koordinációs komplexben a Ca<sup>2+</sup>-ionoknak jelentős szerepe van a makroszkopikus kristály kialakításában, mivel rajtuk keresztül kapcsolódnak össze a H-DBTA egységek és hoznak létre egy végtelen polimer láncot, amelyre merőleges síkban koordinálódnak a Ca<sup>2+</sup>-ionhoz a foszfólen-oxid molekulák.[1,2,7]
4. Megállapítottam, hogy a TADDOL-származékokkal [(-)-**2** vagy (-)-**3**] történő rezolválások során, a H-híd kölcsönhatásban H-akceptorként résztvevő oldószerek is alkalmazhatók, csupán mennyiségüket kell optimalizálni. Mindkét rezolválási eljárás során igazoltam, hogy jelentős enantiomer tisztaság javulás érhető el az oldószerkegy összetételének és a rezolválóagens mennyiségének megfelelő változtatásával.[6,8]
5. Módszereket dolgoztam ki a 3-metil-3-foszfólen-oxidok (**1a,d,f**) mindkét enantiomerjének előállítására természetes borkósavból származtatott rezolválóágensekkel. Bizonyítottam, hogy a vizsgált esetekben:



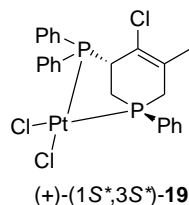
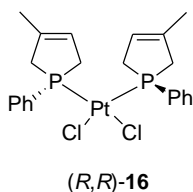
- az azonos konfigurációjú és alapvázú, de eltérő szerkezetű rezolválóágensekkel elérhető, hogy a kristályos diasztereomerek a racém vegyület nem azonos enantiomerjét tartalmazzák.[7]
  - a kristályos diasztereomer elkülönítése után, az anyalúgból nyert enantiomer keverék ugyanazzal a rezolválóágenssel újraszolválva, a másik antipód az anyalúgban tovább dúsítható.[7]
  - az oldószerkelet változtatásával elérhető, hogy a rezolválóágens az egyik vagy másik enantiomerrel képezzen kristályos diasztereomert.[8]
6. Bizonyítottam, hogy az 1-fenil-3-metil-3-foszfórolén-oxid (**1a**) és -szulfid (**5**) rezolválása során, ha a racém vegyület mellett a szintézis során alkalmazott vagy keletkezett illetve rokon molekulák is találhatóak (nyers reakcióelegy), akkor a kémiaiilag tiszta vegyület rezolválásához képest jelentős enantiomerdúsulás érhető el. A 3-metil-3-foszfórolén-1-oxidok (**1**) rezolválásakor javítható az enantiomertisztaság keverék rezolválóágens [(-)-**2** és (-)-**3**] alkalmazásával is és emellett információt kapunk a kristályosan kiváló diasztereomer elegy összetétele alapján a diasztereomerek egymáshoz viszonyított stabilitásáról.[2,6]
7. A molekulakomplex-képzésen alapuló rezolválási eljárást kiterjesztettem 1-dietilamino-, 1-[(1'R,2'S,5'R)-mentil]-3-metil-3-foszfórolén-1-oxid, 3-metil-2-foszfórolén-1-oxidok és 1-fenil-3-metil-3-foszfórolén-1-szulfid[2] enantiomerjeinek elválasztására. A rezolválási eljárást hattagú P-heterociklusok rezolválására is alkalmaztam: 1,2-dihidrofoszfinin-oxidok, valamint 6-dietilamino-dibenzo[*c.e*][5,6]oxafoszforin-6-oxid rezolválására.

## 6. Alkalmazási lehetőség

Az általunk kidolgozott molekulakomplex és koordinációs komplex képzésen alapuló rezolválási eljárás hatékonyan alkalmazható különböző aril-, alkil- és alkoxi-szubsztituent tartalmazó 3-metil-3-foszfolén-oxidok (**1a-h**) rezolválására. Mindkét módszer általánosságban alkalmas lehet foszfin-oxidok, esetleg foszfin-szulfidok rezolválására, melyet bizonyítanak a módszer kiterjesztésére végzett kísérleteink.

A (-)-Ca(H-DBTA)<sub>2</sub> és (-)-Ca(H-DPTTA)<sub>2</sub> rezolválóágensek alkalmasnak tűnnek arra, hogy megközelítsék a TADDOL-származékokkal elért rezolválások eredményeit. A koordinációs komplexképzésen alapuló rezolválási eljárás átmenetifémek alkalmazásával az irodalomban ismert, még a foszfor-kémiában is, viszont a Ca<sup>2+</sup> és a Mg<sup>2+</sup> sók használata kevésbé, de jelentős előrelépés a könnyen hozzáférhető eljárások irányába. A kalcium sók további előnye, hogy a rezolválóágensek egyszerűen előállíthatók, az előállításához szükséges vegyületek ára alacsony, a rezolválási művelet egyszerűsödött, valamint a rezolválás során keletkező koordinációs komplexek egy extrakciós művelettel megbonthatók, és így a megfelelő enantiomert egyszerűbb visszanyerni, mint a TADDOL-származékok esetében. Így lehetőség nyílik arra, hogy a 3-metil-3-foszfolén-1-oxidok (**1**) rezolválása nagyobb méretben is gazdaságosan megvalósítható legyen.

A P-aszimmetria-centrumot tartalmazó foszforvegyületeket elsősorban aszimmetrikus szintézisekben alkalmazzák homogén katalitikus reakciók katalizátorainak ligandumaként. Az előállított enantiomerek gyakorlati hasznosítását bizonyítva két vegyületből, az (*R*)-1-fenil-3-metil-3-foszfolén-oxidból [(*R*)-**1a**] és a (+)-1-fenil-3-difenilfoszfinoxido-1,2,3,6-tetrahidrofoszfinin-oxidból [(+)-**17**] platina-komplexeket [(*R,R*)-**16** és (+)-(*1S*\*,*3S*\*)-**19**] állítottunk elő, melyeket hidroformilezési reakciókban fognak tesztelni.



## 7. Közlemények

### 7.1 Dolgozat alapjául szolgáló közlemények

1. Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Tetrahedron: Asymmetry* **2006**, *17*, 2599-2602. [IF: 2,468, I: 5, FI: 2]
2. Novák, T.; Ujj, V.; Schindler, J.; Czugler, M.; Kubinyi, M.; Mayer, Z. A.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Tetrahedron: Asymmetry* **2007**, *18*, 2965-2972. [IF: 2,634, I: 4, FI: 2]
3. Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon* **2008**, 543-546. [IF: 0,669 (2007) I: 1]
4. Fogassy, E.; Keglevich, G.; Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V. *Hung. Pat.* **2007**, HU0700278.
5. Mayer, Z. A.; Kállay, M.; Kubinyi, M.; Keglevich, G.; Ujj, V.; Fogassy, E. *J. Mol. Struct.-Theochem* **2009**, *906*, 94-99. [IF: 1,112 (2007)]
6. Ujj, V.; Szuhánszki, T.; Schindler, J.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Hun. J. Ind. Chem.* **2008**, *36*, 131-136.
7. Ujj, V.; Schindler, J.; Novák, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Tetrahedron: Asymmetry* **2008**, *19*, 1973-1977. [IF: 2,634 (2007)]
8. Ujj, V.; Schindler, J.; Bagi, P.; Madarász, J.; Fogassy, E.; Keglevich, G. *Chirality* **2009**, revideált verzió visszaküldve. [IF: 2,436 (2007)]

### 7.2 Egyéb közlemények

9. Keglevich, Gy.; Sipos, M., Ujj, V., Körvélyesi, T. *Lett. In Org. Chem.* **2005**, *2*, 608-612. [IF: 1,122, I: 5]
10. Sipos, M., Körvélyesi, T., Ujj, V., Ludányi, K., Vékey, K., Keglevich, Gy. *Heteroatom Chem.* **2007**, *18*, 747-753. [IF: 0,984, I:1]
11. Keglevich, Gy.; Kerényi, A.; Sipos, M.; Ujj, V.; Makó, A.; Csontos, I.; Novák, T.; Bakó, P.; Greiner, I. *Periodica Politechnika* **2007**, *51*, 53-56.

### 7.3 Előadások

12. Ujj, V.: 3-Metil-3-foszfólen-1-oxidok reszolválása, *Oláh György Doktori Iskola - IV. Doktoráns Konferencia*, Budapest, 2007. február 7.
13. Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V.; Deme, J.; Bódis, Á.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: Chiral P-heterocycles: Efficient method for the optical resolution of 3-methyl-3-

- phospholen 1-oxides, *17th International Conference on Phosphorus Chemistry*, Xiamen, China, 2007. április 15-19.
14. Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: Optikailag aktív dihidro-1H-foszfol-oxidok hozzáférhetővé tétele, *Centenárium Vegyészkonferencia*, Sopron, 2007. május 29.-június 1.
  15. Novák, T.; Schindler, J.; Ujj, V.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.; Faigl, F.: Chiral P-heterocycles: Efficient method for the optical resolution of 3-methyl-3-phospholen 1-oxides, *COST D40, Workshop on Innovative Catalysis*, Dublin, Ireland, 2007. május 21-22 (poszter).
  16. Ujj, V.; Schindler, J.; Novák, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: P-Aszimmetria centrumot tartalmazó gyűrűs foszforvegyületek optikai izomerjeinek elválasztása, *Műszaki Kémiai Napok '08*, Veszprém, 2008. április 22-24.
  17. Ujj, V.; Schindler, J.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: P-Heterociklusok optikai izomerjeinek elválasztása, *Heterociklusos Kémiai Munkabizottság*, Balatonszemes, 2008. május 21-23.
  18. Ujj, V.; Schindler, J.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: P-Heterociklusok optikai izomerjeinek elválasztása, *Vegyészkonferencia*, Hajdúszoboszló, 2008. június 19-21.
  19. Ujj, V.; Szuhánszki, T.; Bagi, P.; Schindler, J.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: P-Heterociklusok optikai izomerjeinek elválasztása, *Terpenoidkémiai és Elemorganikus Munkabizottság*, Budapest, 2008. szeptember 19.
  20. Ujj, V.; Schindler, J.; Bagi, P.; Szuhánszki, T.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: P-Heterociklusos vegyületek reszolválása borkősav származékokkal diasztereomer komplex képzésen keresztül, *Oláh György Doktori Iskola - VI. Doktoráns Konferencia*, Budapest, 2009. február 4.
  21. Ujj, V.; Schindler, J.; Bagi, P.; Czugler, M.; Fogassy, E.; Keglevich, Gy.: Resolution of P-Heterocycles with Tartaric Acid Derivatives via Diastereomeric Complex Formation, *Tenth Tetrahedron Symposium*, Párizs, 2009. június 23-26 (poszter).