



---

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

**Monoszacharid alapú koronaéterek szintézise és alkalmazása  
aszimmetrikus reakciókban**

**Tézisfüzet**

**Szerző: Rapi Zsolt**  
**Témavezető: Dr. Bakó Péter**

**Szerves Kémia és Technológia Tanszék**

**2012**

## 1. Bevezetés

Az aszimmetrikus katalízis a modern szerves kémiai kutatások egyik fő területe, melynek célja enantiomertiszta vegyületek előállítása. A téma jelentősége megmutatkozik a vegyiparral szemben támasztott követelményekben, miszerint a gyógyszerek, növényvédőszer, kozmetikumok, stb. döntően optikailag tiszta formában kerülhetnek felhasználásra. Ennek egyik korszerű és gazdaságos módja a királis katalizátorok felhasználásával történő enantioszelektív szintézis. Az aszimmetrikus katalízis egyik válfaja a fázistranszfer körülmények között megvalósított reakciók köre, melynek fő előnye, hogy enyhe és környezetbarát(abb) reakciókörülményeket lehet alkalmazni.

A monoszacharid alapú királis koronaéterek többnyire jó fázistranszfer katalizátorok, s királis tulajdonságuknak köszönhetően aszimmetrikus indukciót válthatnak ki egyes reakciókban. Előnyt jelent továbbá, hogy a szénhidrátok viszonylag olcsó, könnyen hozzáférhető természetes alapanyagok. Mindeddig számos, különböző szénhidrát alapú makrociklust állítottak elő, és főként komplexképző tulajdonságaikat vizsgálták. E vegyületek azonban képesek enantiomerek megkülönböztetésére is, ezáltal alkalmasak lehetnek az antipódok szétválasztására, illetve aszimmetrikus indukció kifejtésére. Napjainkig csak kevés kutatónak sikerült szénhidrát alapú koronaéterekkel aszimmetrikus szintézisekben jelentős mértékű enantioszelektivitást elérni [8] vagy királis töltésként alkalmazva enantiomereket szétválasztani [9].

A BME Szerves Kémia és Technológia Tanszékén előállított monoszacharid alapú királis koronavegyületek közül néhányról megállapították, hogy hatásos enantioszelektív katalizátor bizonyos fázistranszfer reakciókban. Ezek olyan reakciók, amely során új sztereogén centrum alakul ki, és a mechanizmusában szerepe van valamilyen fém kationnak is. Az eredmények gyakorlati felhasználás szempontjából is jelentősek lehetnek.

## 2. Célkitűzések

Az előbb említett kutatásba bekapcsolódva célt volt új, monoszacharid alapú koronaéterek előállítása és ezek alkalmazása királis fázistranszfer katalizátorként bizonyos reakciókban. Vizsgálni kívántam a szerkezet-hatás összefüggéseket és az optimális reakciókörülményeket az enantioszelektivitás szempontjából. Másrészt, új modell reakciókat kerestem, amelyekben a szénhidrát alapú makrociklusok aszimmetrikus indukciót váltanak ki.

### 3. Kísérleti módszerek

Munkám során (makro- és mikroméretben) is a szerves preparatív kémiában szokásos módszereket alkalmaztam (kristályosítás, desztilláció, preparatív VRK, oszlopkromatográfia, stb.). A vegyületeket NMR és MS spektroszkópiás módszerekkel, illetve elemanalízissel azonosítottam. Az előbbi során DEPT, COSY, HMQC, HMBC és H2BC technikákkal ismerkedtem meg. Az enantiomerfelesleg meghatározása többnyire  $^1\text{H}$  NMR mérésekkel történt (+)-Eu(hfc)<sub>3</sub> királis shift reagens segítségével, néhány esetben pedig királis HPLC-vel végeztem a mérést. Az abszolút konfiguráció bizonyítása röntgendiffrakciós méréssel valósult meg.

### 4. Eredmények összefoglalása

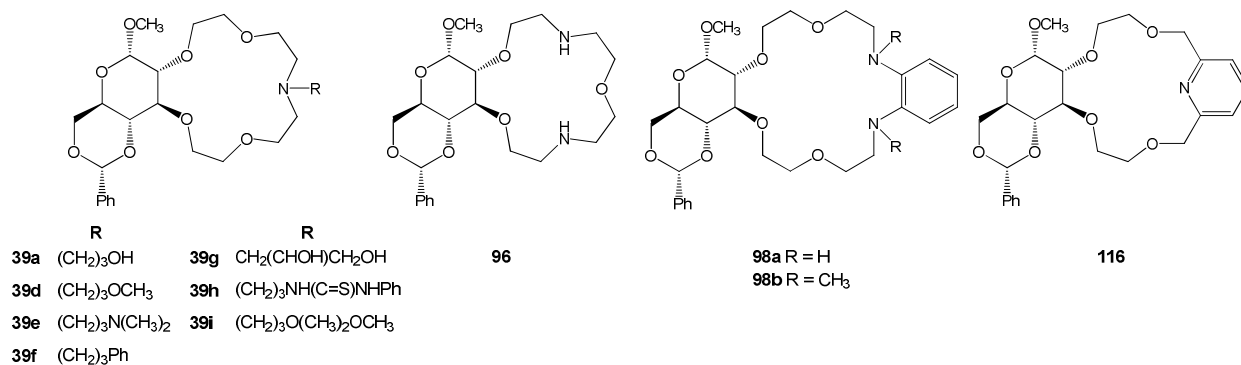
Kutatómunkám alapvetően két fő részre osztható. Elsőként különböző monoszacharid alapú királis koronaétereket állítottam elő több lépésben, részben a kutatócsoportban kidolgozott, részben irodalmi és saját módszerek alapján. Másodszor, vizsgáltam a szintetizált vegyületek hatását királis fázistranszfer katalizátorként különböző modell reakciókban. Ezekkel összefüggésben pedig számos új királis vegyületet állítottam elő aszimmetrikus szintézisekkel (úgy mint Darzens-kondenzáció, Michael-addíció, epoxidáció, stb.).

#### 4.1. Koronaéterek szintézise

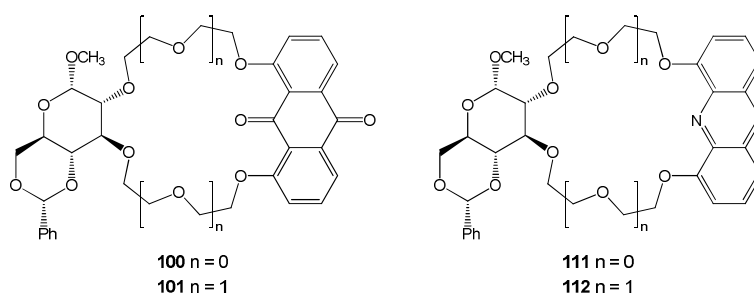
Ötféle szénhidrátot használtam makrociklusok felépítésére, és összesen 24 új királis koronavegyületet szintetizáltam.

A megfelelően védett D-glükózidból kiindulva, öt lépésben monoaza-15-korona-5 típusú lariat étereket állítottam elő, amelyek a gyűrű nitrogén atomján eltérő tulajdonságú és lipofilitású szubsztituenseket tartalmaznak (**39a-i**).

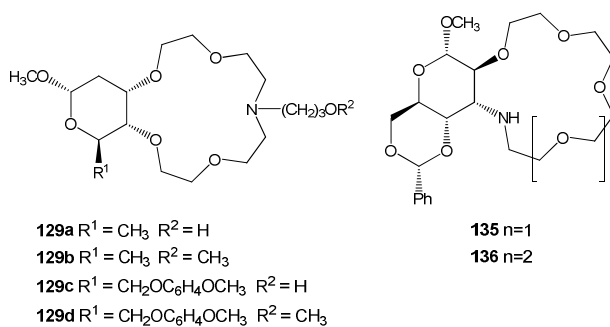
Szintetizáltam glükóz alapú 15- és 18-tagú diaza-koronaétereket is (**96**, **98a-b**), amelyek gyűrűjében másod-, illetve harmadrendű nitrogénatomok vannak, várhatóan eltérő katalitikus tulajdonságokat kölcsönözve a molekuláknak. Megvalósítottam továbbá a **116** piridin egységet tartalmazó makrociklus reprodukciós szintézisét alternatív módszert alkalmazva, amely során jelentős termelésbeli növekedést sikerült elérnem egy korábbi módszerhez képest.



Munkám során előállítottam olyan glükóz alapú koronaétereket is, amelyek makrocyclopéjében fluoreszcens csoport található. Ezek a 9,10-antrakinnon (**100**, **101**), illetve akridin tartalmú (**111**, **112**) vegyületek alkalmasak lehetnek - a komplexképzés során megváltozó fluoreszcens viselkedés miatt - enantiomerek spektroszkópiás megkülönböztetésére (A spektroszkópiai vizsgálatok folyamatban vannak).



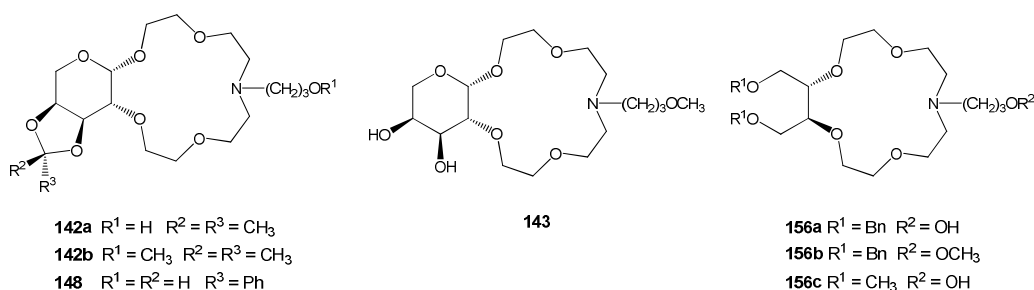
A D-glükózt különböző szénhidrátkémiai módszerekkel más konfigurációjú monoszacharidokká alakítottam és ezekből új koronaétereket állítottam elő. Ennek folyamán a megfelelően védett D-glükopiranozidból öt, illetve hat lépésben 2-deoxiribohexopiranozidokat szintetizáltam, melyekből monoaza-15-korona-5 típusú lariat éterek készültek (**129a-d**).



Szintén glükózból kiindulva olyan altróz alapú monoaza-makrocyclopékat állítottam elő, amelyekben a gyűrű nitrogénje közvetlenül kapcsolódik a cukor egységhez. A szintézis

kulcslépése egy anhidromannozid oxirángyűrűjének etanol-aminnal (mint nukleofillel) való gyűrűnyitása, amelyet regio- és sztereoszelektíven sikerült megvalósítani. Az így nyert termékből a **135** és **136** koronavegyületeket szintetizáltam.

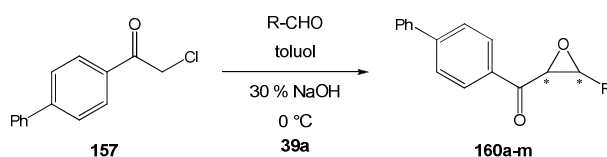
Az eddig felsorolt hat szénatomos monoszacharidokon kívül felhasználtam az öt szénatomos L-arabinózt is koronaéterek előállítására. Az arabinopiranozid 3-as és 4-es pozíciójában izopropilidén-csoporttal ellátott **142a-b** makrociklusok mellett szintetizáltam a **143** védőcsoportot nem tartalmazó vegyületet is. Mivel az L-arabinózból közvetlenül nem lehetett 3,4-*O*-benzilidén-acetált előállítani, ezért a **148** koronaéter esetében az említett védőcsoport kialakítása más módon (egy intermedieren) történt.



A dietil-tartarátból előállítható cukoralkoholt felhasználva szintetizáltam 1,4-di-*O*-benzil- és 1,4-di-*O*-metil-szubsztituált L-treitol alapú királis koronaétereket (**156a-c**), amelyek flexibilisebb szerkezetű molekulák, mint a korábban bemutatott acetál védőcsoporttal rendelkező vegyületek.

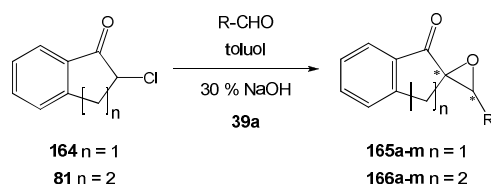
## 4.2. Enantioszelektív szintézisek

A munkacsoportban korábban előállított és az általam szintetizált új koronaétereket királis fázistranszfer katalizátorként alkalmaztam számos aszimmetrikus reakcióban. Ezek közül csak azokat ismertettem a dolgozatomban, amelyekben jelentős(ebb) enantioszelektivitást sikerült elérni. A leghatásosabb katalizátornak a glükóz alap **39a** lariat éter bizonyult, ezért a legtöbb reakcióban ezt alkalmaztam.

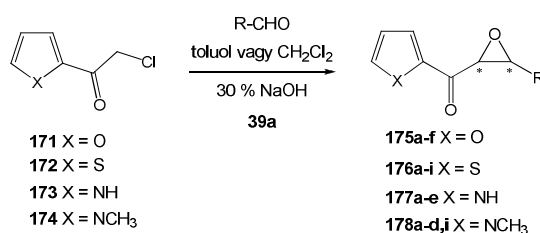


Tanulmányoztam a 4-fenil- $\alpha$ -klóracetofenon (**157**) és aromás aldehidek Darzens-kondenzációit, amely során 40-96 % enantiomerfelesleggel nyertem a **160a-m** királis epoxiketonokat. Megállapítottam, hogy a benzaldehid aromás gyűrűjén elhelyezkedő szubsztituensek csökkentették az aszimmetrikus indukció mértékét a szubsztituálatlan aldehidhez képest (96 % ee). A nagyobb térkitöltésű helyettesítők esetén bizonyos szabályszerűséget figyeltünk meg, ami a szterikus hatás jelentőségére utal. A **160b** (R = 2-Cl-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>) vegyületből növesztett egykristály röntgendiffrakciós vizsgálat alapján valószínű, hogy a negatív forgatási irányú vegyületek abszolút konfigurációja (2*R*,3*S*).

Az 1-indanon (**161**) és az 1-tetralon (**162**) szelektív monoklórozásával előállítottam a **164** és **81** vegyületeket, majd ezek Darzens-kondenzációit vizsgáltam aromás aldehidekkel.



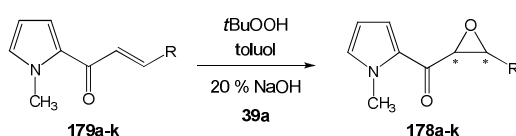
A 2-klór-1-indanonból (**164**) képzett termékek (**165a-m**) esetén 0-85 % volt az enantioszelektivitás. A benzaldehid szubsztituensei (egy kivételével) csökkentették az aszimmetrikus indukciót. Egészen eltérő eredményeket kaptam a nagyobb gyűrűt tartalmazó 2-klór-1-tetralonnal (**81**) végezve a Darzens-reakciókat, tehát az alifás gyűrű mérete hatással van a hozamokra és az enantiomerfeleslegekre egyaránt. A **166a-m** vegyületek változó optikai tisztasággal keletkeztek (32-75 % ee), ám továbbra is fennállt az a tendencia, hogy az aldehid szubsztituensei csökkentették az aszimmetrikus indukciót. A **166d** (R = 4-Cl-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>) és a **166m** (R = naftalin-2-il) termékek (mindkettő fajlagos forgatása negatív irányú) kristályairól készült röntgendiffrakciós felvétel alapján (2*R*,3'*S*) abszolút konfigurációt állapítottam meg.



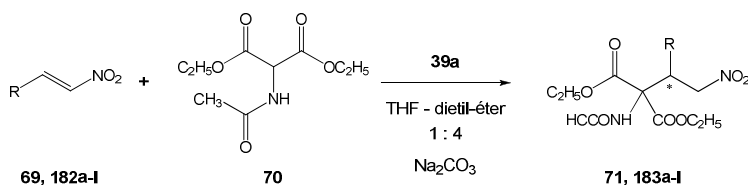
Előállítottam - szintén szelektív monoklórozással - furán, tiofén, pirrol és *N*-metilpirrol gyűrűt tartalmazó heteroaromás 2-(klóracetil)-származékokat (**171-174**), és vizsgáltam

Darzens-kondenzációikat különböző aromás aldehidekkel. A 2-(klóracetil)furán (**171**) reakcióiban 24-70 %-os optikai tisztasággal keletkeztek a **175a-f** epoxiketonok, amelyek közül a szubsztituált származékok képződtek nagyobb enantiomerfelesleggel. Ellentétes tendencia érvényesült a 2-(klóracetil)tiofénnel (**172**) végzett kísérletek során, amikor is a szubsztituált termékek kisebb enantioszelektivitással keletkeztek (51-68 %) mint a szubsztituátlan benzaldehiddel. Kivétel, és különösen érdekes a piperonállal végzett kísérlet (**176i**, R = 3,4-metiléndioxi-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, 86 % ee), amely során a tiszta enantiomer egy része kivált a reakcióelegyből. A **176f** (R = 2-H<sub>3</sub>C-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>) és **176i** (R = 3,4-metiléndioxi-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>) epoxiketonokról megállapítottam, hogy abszolút konfigurációjuk (2*R*,3*S*).

A heteroaromás gyűrűben a nitrogén megjelenése jelentős változásokkal járt, a 2-(klóracetil)pirrol (**173**) Darzens-kondenzációban a **177a-e** vegyületeket kis enantioszelektivitási értékekkel nyertem (maximális, 51 % ee értéket a **177c** (R = naftalin-1-il) származék mutatott, melynek szintén (2*R*,3*S*) volt az abszolút konfigurációja). A **174**, a nitrogénnel metilézett pirrol-származék reakcióiban az enantioszelektivitás még a 20 %-ot sem érte el. A **178** típusú királis epoxiketonokat más módszert használva sikerült nagyobb optikai tisztasággal előállítanom.

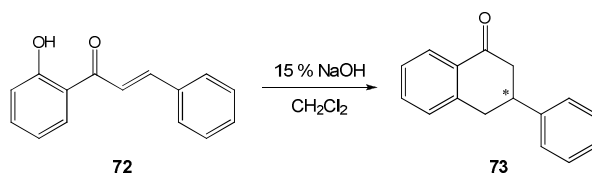


Először szintetizáltam a megfelelő  $\alpha,\beta$ -telítetlen ketonokat (**179a-k**), és ezekből kétfázisú epoxidációval képeztem a **178a-k** epoxiketonokat. Ezzel a módszerrel valamennyi vegyületet jó optikai tisztasággal és jobb hozamokkal sikerült előállítani (51-88 % ee), viszont a reakcióidő jelentősen megnőtt.



A dietil-acetamidomalonát (**70**) és  $\beta$ -nitrosztirol, illetve szubsztituált származékainak és analogonjainak (**69**, **182a-l**) Michael-addícióját szintén behatóbban vizsgáltam. Meghatároztam a szilárd-folyadék fázisú reakció optimális körülményeit.

A kísérletek során 0-99 % enantiomerfelesleget mértem, három esetben is (**71**, R = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>, **183c**, R = 4-Cl-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, **183d**, R = 4-O<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>) gyakorlatilag teljesen szelektív volt a reakció (97-99 % ee).



Az általam szintetizált új koronaéterek között is voltak aszimmetrikus indukciót kiváltó katalizátorok, de legtöbb esetben nem érték el a **39a** hatását. A flavanon (**73**) 2'-hidroxikalkonból (**72**) történő előállításában a sok koronaéter közül jelentős aszimmetrikus indukciót csak a treitol alapú **156b** használatakor tapasztaltam (66 % ee). Ez azért figyelemreméltó, mert tudomásunk szerint ebben az intramolekuláris gyűrűzárási reakcióban még nem értek el néhány százaléknál nagyobb enantioszelektivitást.

## 5. Tézisek

1. D-Glükóz, D-ribóz, D-altróz, L-arabinóz és L-treitol alapú királis koronaétereket szintetizáltunk több lépésben és alkalmaztuk azokat fázistranszfer katalizátorként aszimmetrikus szintézisekben. A glükóz alapú, fluoreszcens csoportokat tartalmazó makrociklusok, melyek nem katalitikus felhasználásra készültek, különösen újszerűnek mondhatók a megfelelő irodalomban, de enantiomer-megkülönböztető képességük még nem bizonyított.

2. L-Arabinózból monoaza-15-korona-5 típusú lariat étereket állítottunk elő. A **148** 3,4-*O*-benzilidén-származékot kerülő úton sikerült szintetizálni. Ezek a makrociklusok közepes hatású enantioszelektív katalizátorok voltak, közülük a **148** koronavegyület bizonyult összességében a leghatásosabbnak [3].

3. Új módszerrel állítottuk elő a ribóz alapú koronaéterek kulcsintermedierjeit a megfelelő monoszacharid oxirán- és acetálgűrűjének regio szelektív átalakításával. Az elsőrendű hidroxilcsoport szelektív védelmét pedig Mitsunobu-reakcióval valósítottuk meg. Ez utóbbi származékból szintetizált koronaéter (**129c**) jó enantioszelektív katalizátor volt egy Michael-addícióban (80 % ee) [5].



Új, altropiranozid alapú koronaétereket állítottunk elő, melyeknek gyűrűzáró intermedierét egy 2,3-anhidro-mannopiranozid epoxigyűrűjének etanol-aminnal való regio- és sztereoszelektív nyitásával sikerült előállítani [5].

4. Dietil-tartarátból kiindulva 1,4-di-*O*-benzil- és 1,4-di-*O*-metil-L-treitol alapú királis koronaétereket szintetizáltunk, melyek egyes reakciókban jelentős aszimmetrikus indukciót generáltak. Különösen jelentős a flavanon 2'-hidroxikalkonból történő előállítása, mivel a koronaéterek közül jelentős aszimmetrikus indukciót csak a treitol alapú **156b** használatával tapasztaltunk (66 % ee).

5. Megállapítottuk, hogy az eddig előállított koronaétereink közül a D-glükóz alapú, monoaza-15-korona-5 típusú, a nitrogénen 3-hidroxi-propil oldalláncot tartalmazó lariat éter (**39a**) a leghatásosabb enantioszelektív katalizátor a folyadék-folyadék kétfázisú Darzens-reakciókban. A 4-fenil- $\alpha$ -klóracetofenon és aromás aldehidek Darzens-kondenzációjában a negatív irányba forgató enantiomerek 40-96 % feleslegben keletkeztek. A benzaldehid aromás gyűrűjén elhelyezkedő szubsztituensek csökkentették az aszimmetrikus indukció mértékét a szubsztituálatlan aldehidhez képest (96 % ee) [1,4].

Aromás aldehidek és 2-klór-1-indanon reakcióiban maximálisan 85 %-os, a nagyobb gyűrűt tartalmazó 2-klór-1-tetralont alkalmazva pedig maximálisan 75 %-os enantioszelektivitást értünk el. Az aromás aldehid gyűrűjének szubsztituensei (két kivétellel) csökkentették az enantioszelektivitást mindkét esetben [4].

Ugyancsak a **39a** katalizátorral dietil-acetamidomalonát és aromás nitrovinil-származékok Michael-reakciójában maximálisan 97-99 %-os enantioszelektivitást értünk el. [1].

6. A furán, tiofén, pirrol és *N*-metilpirrol gyűrűt tartalmazó heteroaromás 2-(klóracetil)-származékok különböző aromás aldehidekkel végzett Darzens-kondenzációiban a D-glükóz alapú **39a** vegyület jelentős aszimmetrikus indukciót váltott ki. A 2-(klóracetil)furán reakcióiban 24-70 %-os optikai tisztasággal keletkeztek a megfelelő epoxiketonok, amelyek közül a szubsztituált származékok képződtek nagyobb enantiomerfelesleggel. Ellentétes tendencia érvényesült a 2-(klóracetil)tiofénnel végzett kísérletek során, amikor is a szubsztituált termékek kisebb enantioszelektivitással keletkeztek (51-68 % ee). A pirrol és *N*-metilpirrol származékok esetében a katalizátor gyenge hatású volt [1,2].

7. *N*-metilpirrol gyűrűt tartalmazó epoxiketonokat állítottuk elő folyadék-folyadék kétfázisú epoxidációban 51-88 %-os enantiomerfelesleggel a **39a** katalizátor jelenlétében [2].

## 6. Alkalmazási lehetőség

Munkámmal hozzájárultam a szénhidrát alapú királis koronaéterekkel kapcsolatos ismeretek bővítéséhez, mind a szintézismódszerek, mind az alkalmazási lehetőségek tekintetében. Az eredmények elősegítik a tématerület fejlődését és a vizsgált reakciók mechanizmusának jobb megértését. A szintézisek jó alapot teremtenek a további kutatások számára. Kiemelném az előállított koronaéterek közül a fluoreszcens csoporttal rendelkezőket, amelyek alkalmasak lehetnek ionok, vagy enantiomerek spektroszkópiás megkülönböztetésére.

Gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt jelentős az enantiomertiszta anyagok előállítása fázistranszfer körülmények között. A sikeres modell reakciók közül különösen érdekesek lehetnek a királis epoxidokra vonatkozó vizsgálatok, melyek biológiailag aktív vegyületek és így gyakorlati jelentőségük van (gyógyszeripar). Ezen kívül ezekből a vegyületekből több (más) biológiailag aktív vegyület, illetve intermedier is szintetizálható. A fázistranszfer körülmények között kivitelezett Darzens-kondenzáció alkalmas lehet nagyobb méretben való végrehajtásra is. Szintén gyakorlati jelentőségű a királis flavanon 2'-hidroxikalkonból történő előállítása.

## 7. Közlemények és előadások

### 7.1. A dolgozat alapját képező közlemények

- [1] Bakó Péter, **Rapi Zsolt**, Keglevich György, Szabó Tamás, Sóti Péter, Vígh Tamás, Grün Alajos, Holczbauer Tamás: Asymmetric C-C bond formation via Darzens condensation and Michael addition using monosaccharide-based chiral crown ethers  
*Tetrahedron Letters* **2011**, 52, 1473. [IF(2010): 2,618; idézések: 2]
- [2] **Rapi Zsolt**, Szabó Tamás, Keglevich György, Szöllösy Áron, Drahos László, Bakó Péter: Enantioselective synthesis of heteroaromatic epoxyketones under phase-transfer catalysis using D-glucose- and D-mannose-based crown ethers  
*Tetrahedron: Asymmetry* **2011**, 22, 1189. [IF(2010): 2,484; idézések: 0]

- [3] Szabó Tamás, **Rapi Zsolt**, Keglevich György, Szöllősy Áron, Drahos László, Bakó Péter: Synthesis of L-arabinose-based crown ethers and their application as enantioselective phase transfer catalysts  
*Arkivoc* **2012** (közlésre elfogadva) [IF(2010): 1,096; idézések: 0]
- [4] **Rapi Zsolt**, Bakó Péter, Keglevich György, Szöllősy Áron, Drahos László, Botyánszki Adrienn, Holczbauer Tamás: Asymmetric phase transfer Darzens reactions catalyzed by D-glucose- and D-mannose-based chiral crown ethers  
*Tetrahedron: Asymmetry* **2012**, 23, 489. [IF(2010): 2,484; idézések: 0]
- [5] **Rapi Zsolt**, Bakó Péter, Keglevich György, Szöllősy Áron, Drahos László, Hegedűs László: Synthesis of ribose and altrose based azacrown ethers and their application in an asymmetric Michael addition  
*Tetrahedron* **2012** (beküldve)

## 7.2. A dolgozat témájához kapcsolódó közlemények

- [6] Makó Attila, **Rapi Zsolt**, Drahos László, Szöllősy Áron, Keglevich György, Bakó Péter: Enantioselective Michael addition of 2-nitropropane to substituted chalcones and chalcone analogues catalyzed by chiral crown ethers incorporating an  $\alpha$ -D-glucose and  $\alpha$ -D-mannose unit  
*Letters in Organic Chemistry* **2010**, 7, 424. [IF: 0,785; idézések: 1]
- [7] Makó Attila, **Rapi Zsolt**, Keglevich György, Szöllősy Áron, Drahos László, Hegedűs László, Bakó Péter: Asymmetric epoxidation of substituted chalcones and chalcone analogues catalyzed by  $\alpha$ -D-glucose- and  $\alpha$ -D-mannose-based crown ethers  
*Tetrahedron: Asymmetry* **2010**, 21, 919. [IF: 2,484; idézések: 2]
- [8] Bakó Péter, Keglevich György, **Rapi Zsolt**: Asymmetric phase transfer reactions catalyzed by chiral crown ethers derived from monosaccharides  
*Letters in Organic Chemistry* **2010**, 7, 645. [IF: 0,785; idézések: 2]
- [9] Bakó Péter, Keglevich György, **Rapi Zsolt**, Tőke László: The enantiomeric differentiation ability of chiral crown ethers based on carbohydrates  
*Current Organic Chemistry* **2012**, 16, 297. [IF(2010): 2,92; idézések: 0]

### 7.3. Előadások és posztterek

1. **Rapi Zsolt**, Szöllősy Áron, Drahos László, Szabó Tamás, Vígh Tamás, Müller Judit, Bakó Péter: Monoszacharid alapú királis koronaéterekkel katalizált aszimmetrikus Darzens-kondenzációk (2009. október 26-29. XXXII. Kémiai Előadói Napok, Szeged)
2. **Rapi Zsolt**, Szöllősy Áron, Drahos László, Szabó Tamás, Vígh Tamás, Müller Judit, Bakó Péter: Heteroaromás klóracetil-vegyületek monoszacharid alapú királis koronaéterekkel katalizált aszimmetrikus Darzens kondenzációja (2010. február 4. Oláh György Doktori Iskola Konferenciája, Budapest; poszter)
3. **Rapi Zsolt**, Vígh Tamás, Szabó Tamás, Sóti Péter, Bakó Péter: Monoszacharid alapú királis koronaéterek szintézise és alkalmazása enantioszelektív reakciókban (2011. február 3. Oláh György Doktori Iskola Konferenciája, Budapest)
4. **Rapi Zsolt**, Vígh Tamás, Szabó Tamás, Bakó Péter: Monoszacharid alapú királis koronaéterek (2011. szeptember 3. Szénhidrátkémiai Munkabizottság Ülése, Budapest)