

Zárójelentés

T 042514 számú OTKA pályázatról, 2003-2006 (hosszabbítva 2007-re)

Magyar nyelvű összefoglaló

Kutatómunkánk alapja az a felismerés, hogy monoszacharidokból felépülő királis koronaéterek aszimmetrikus indukciót képesek kifejteni bizonyos reakciókban, ha királis fázistranszfer katalizátorként alkalmazzuk azokat. Új királis metil- α -*D*-glükopiranozid- és α -*D*-mannopiranozid-alapú monoaza-15-korona-5 típusú étereket szintetizáltunk (több lépésben), melyek a gyűrű nitrogén atomján különböző „oldal-karokat” tartalmaztak, ezen kívül *D*-glükopiranozidból felépülő 15-korona-5 típusú makrociklusokat készítettünk, melyek korona-gyűrűjében oxigén, kén vagy nitrogén atomok voltak, valamint foszfor atomot tartalmazó 17-korona-7 típusú vegyületeket. Különböző módszerekkel vizsgáltuk a makrociklusok alkáli fém kationokkal mutatott komplexképző képességét. Néhány koronaéter fázistranszfer katalizátorként jelentős aszimmetrikus indukciót eredményezett a 2-nitropropán kalkonra és kalkon analgonokra történő Michael addíciójában (80-94 % ee), kalkonok *tert*-butilhidroperoxiddal történő epoxidációs reakciójában (75-94 % ee) és α -klór-acetofenon szubsztituált benzaldehydekekkel lejátszódó Darzens kondenzációjában (60-72 % ee) kétfázisú reakciókban. Azt találtuk, hogy a katalizátort felépítő szénhidrát királis tulajdonsága és a gyűrű nitrogén atomján függő szubsztituens (oldalkar) minősége jelentősen befolyásolja a kémiai termelést és az enantioszelektivitást. Például, amíg a *D*-glükopiranozidból felépülő koronaéterek a 2*R*,3*S* konfigurációjú epoxiketon keletkezését preferálták (max. 94 % ee), addig a *D*-mannopiranozid-alapú katalizátorok az ellentétes, 2*S*,3*R* konfigurációjú termék keletkezését segítették elő (max. 82 % ee) a kalkon epoxidációs reakciójában.

A keletkezett új epoxiketonok abszolút konfigurációját CD spektroszkópiásan határoztuk meg. A két különböző típusú koronaéternek alkáli fém kationokkal képzett komplexeinek lehetséges szerkezetét molekulamodel számításokkal bizonyítottuk.

Summary of the reseach work in English

The basis of our research is the finding that the chiral crown ethers incorporating monosaccharide moiety in their ring, are able to general asymmetric induction as chiral phase transfer catalysts in certain reactions. New chiral methyl- α -*D*-glucopyranoside- and methyl- α -*D*-mannopyranoside-based monoaza-15-crown-5 ethers with different side chains on the nitrogen atom, *D*-glucopyranoside-based 15-crown-5 macrocycles having oxygen, sulphur or

nitrogen atoms in the crown ring, and 17-crown-7 type ethers containing a phosphorus atom have been synthesized in many steps. The complex forming ability of the compounds with alkali metal and ammonium cations was investigated by different methods. Some crown ethers resulted in significant asymmetric induction as chiral phase transfer catalysts in Michael addition of 2-nitropropane to substituted chalcones and heteroaromatic chalcone analogues (80-94 % ee), in the epoxidation of the different chalcones with *tert*-butylhydroperoxide (75-92 % ee) and in the Darzens condensation of phenacyl chloride with substituted benzaldehydes (60-72 % ee) in two phase reactions. We have found that the chiral nature of the carbohydrate in the catalyst, the quality of the side arm attached to the nitrogen atom had a significant effect on both the chemical yield and the enantioselectivity. For example the use of *D*-glucopyranoside-based crown ethers promoted the formation of epoxyketone with *2R,3S* configuration (92 % ee), at the same time, the *D*-mannopyranoside-based catalyst preferred the formation of *2S,3R* enantiomer (82 % ee) in the epoxidation of chalcone.

The absolute configurations of epoxyketones were determined by CD spectroscopy. The possible structures of the complexes formed by the two types chiral crown ethers with alkali metal and ammonium cations were evaluated by molecule modeling calculations.

Részletes jelentés

Ismert, hogy az enantiomer-tiszta vegyületek (biológiailag aktív anyagok, növényvédőszer stb.) előállításának egyik legkorszerűbb és leggazdaságosabb módja az enantioszelektív szintézis királis segédanyagok ill. királis katalizátorok jelenlétében. Elvileg ilyen fázistranszfer katalizátorok lehetnek a cukorból felépülő koronaéterek. Habár az utóbbi 30 évben nagyon sok makrociklust szintetizáltak szénhidrátokból kiindulva, ezek közül nagyon kevés bizonyult hatásos enantioszelektív katalizátornak. Az elmúlt időszakban végzett kutatómunkánk ebbe, a nemzetközileg is kiemelten kezelt kutatási áramlatba illeszkedik bele.

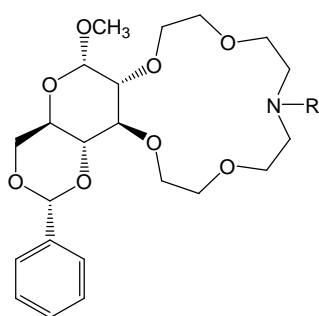
A munkatervben kitűzött célunk az volt, hogy különböző monoszacharidokból (glükóz, mannoz stb.) kiindulva királis koronavegyületeket szintetizáljunk (több lépésben), majd vizsgáljuk ezen új makrociklusok tulajdonságait és hasznosítási lehetőségeit. Mivel minden alkalmazási lehetőség többé-kevésbé összefüggésben van a koronaéterek komplexképzési tulajdonságaival, ezért sok esetben mértük a vegyületek só-extraháló képességét (Li-, Na-, K-, NH₄-pikrátokkal, UV technikával) diklórmetán-víz rendszerben, és az így kapott megoszlási hányadossal jellemeztük a fázistranszfer tulajdonságot, valamint FAB-MS mérésekkel a komplexáló képességet, összefüggéseket állapítottunk meg ezen tulajdonságok és a koronavegyületek szerkezete között.¹⁰ Ezután az új vegyületeket királis

fázistranszfer katalizátorként alkalmaztuk olyan reakciókban, ahol enantiomerek keletkezésére van lehetőség és a reakciók mechanizmusában fontos szerepe lehet egy bázis fém kationjának. Különböző módszerekkel mértük a katalizátorok által kiváltott aszimmetrikus indukció mértékét (enantiomer felesleget).

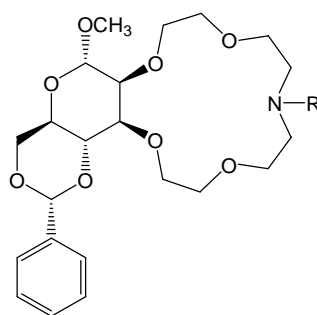
A kutatómunkáról szóló jelentésünk két fő részre osztható: egyrészt az új királis koronaéterek, szintézisét foglalja magában (nem szólunk a sokféle kalkon és kalkon analgonok szintéziséről), másrészt a katalizátorok jelenlétében végrehajtott enantioszelektív szintézisek leírását, értékelését, néhol az abszolút konfiguráció meghatározását.

Új vegyületek szintézise

Korábban bebizonyosodott, hogy a különböző szénhidrátok közül a glükopiranozidból és a mannopiranozidból felépülő monoaza-15-korona-5 típusú makrociklusok a leghatásosabb enantioszelektív katalizátorok. A korábban kidolgozott módszerekkel α -D-glükopiranozidból az **1a-j**, az α -D-mannopiranozidból pedig a **2a-g** 15-korona-5 típusú makrociklusokat szintetizáltuk (minden vegyületet 4 lépésben, 2 oszlopkromatográfiával). Mivel kiderült, hogy a nitrogén atomon függő *R* oldalkarnak (az ilyen oldalkaros koronaétereket lariat-éternek is nevezzük) jelentős hatása van a komplexképzésre, és az aszimmetrikus indukcióra is, ezért bővítettük az **1** vegyületcsoport körét új, különböző *R* szubsztituenseket tartalmazó molekulákkal (**1f-1j** és **2a-g**). A vegyületek számozása terén követni igyekeztünk a közlemények számozását.³ A koronaéterek szintézisének elvét korábban leírtuk, ezért itt most nem ismertetjük.

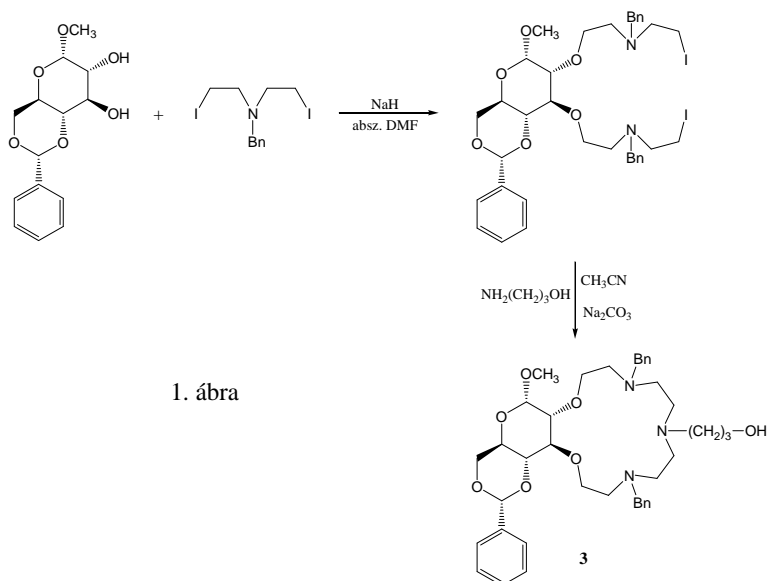


- 1a** R = H
1b R = -(CH₂)₃CH₃
1c R = -CH₂Ph
1d R = (CH₂)₂OH
1e R = (CH₂)₂OCH₃
1f R = (CH₂)₃OH
1g R = (CH₂)₃OCH₃
1h R = (CH₂)₄OH
1i R = (CH₂)₄P(O)Ph₂
1j R = (CH₂)₂Pyr

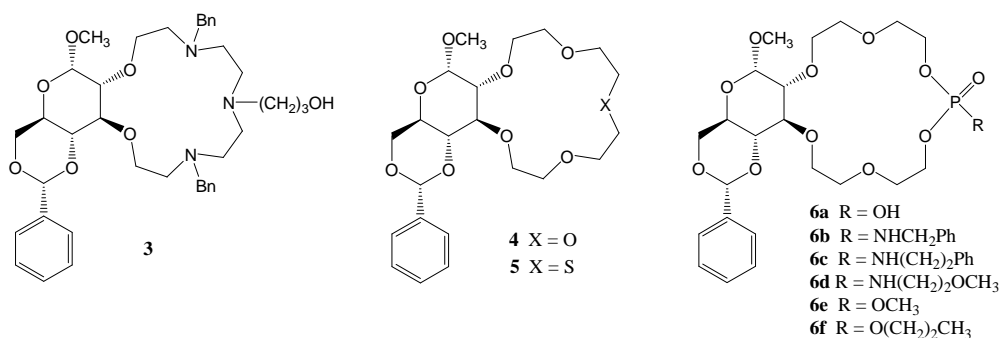


- 2a** R = H
2b R = -(CH₂)₂OH
2c R = -(CH₂)₃OH
2g R = (CH₂)₃OCH₃

A három nitrogénatomos **3** vegyületet (többszöri kísérlet után) 7 lépésben állítottuk elő (az 1. ábrán látható módon), viszonylag gyenge aszimmetrikus indukáló képessége miatt nem közöltük.



Az oxigén tartalmú **4** és a kén tartalmú **5** vegyületek szintézisét az **1a** makrociklussal (X=NH) való összehasonlíthatóság tette indokolttá. Bebizonyosodott azonban, hogy csak a nitrogén tartalmú koronaéter képes jelentős enantioszelektivitást generálni. Korábbi tapasztalatok alapján a foszfor atomot tartalmazó **6a-f** vegyületek tulajdonságait a különböző szubsztituensek (foszforon függő oldalkarok) beépítésével igyekeztünk befolyásolni. Ezeket a foszfa-koronaétereket 6 lépéses szintézisekkel állítottuk elő, majd katalizátorként alkalmazva egyes reakciókban 10-40 % ee értékeket generáltak. A kísérleti munka még folyamatban van, publikálásra jobb eredmények esetén kerülhet sor.

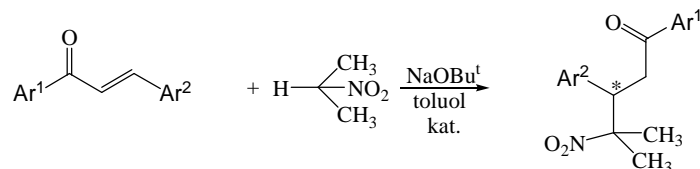


Egy metil- α -D-glükopiranozid-alapú félkorona egységet egy kalixarén molekulába építve aszimmetrikus felismerésre alkalmas vegyületet kaptunk (az erről publikált közös közlemény elnyerte a Tetrahedron:Asymmetry 2003-2006 legtöbbet idézett közlemény díját).²

2.) Aszimmetrikus szintézisek

a.) A 2-nitropropán addíciója^{1,9,13}

Korábban már leírtuk a 2-nitropropánnak kalkonra és szubsztituált kalkonokra történő Michael addícióját szénhidrát-alapú koronaéterek jelenlétében (1. reakcióegyenlet).



1. reakcióegyenlet

1. Táblázat A 2-nitropropán addíciója „megszívott” telítetlen kötésű vegyületekre

Ar ¹	Ar ²	Reakcióidő (óra)	Termelés (%)	$[\alpha]_D^{20}$ ^b	ee (%)
Ph	Me	118	69	-24,2	66
Me	Ph	93	24	+ 5,4	15
Ph	Bu ^t	76	-	-	-
Bu ^t	Ph	49	-	-	-
2-naftil	Ph	76	22	+ 58,2	28
1-naftil	Ph	26,5	25	- 7,5	77
Ph	2-naftil	40,5	9	+ 65,6	41
Bu ^t	1-naftil	49	-	-	-
Bu ^t	2-naftil	49	-	-	-

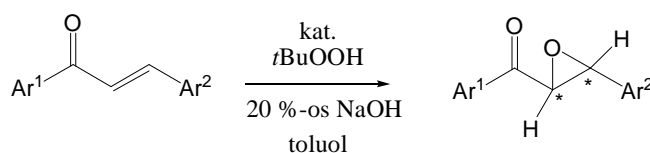
^b Fajlagos forgatás CHCl₃-ban

Ez egy szilárd-folyadék fázistranszfer reakció, ahol a reaktánsok toluolban vannak oldva, és szilárd NaOBU^t szerepel bázisként. Feldolgozási módszerünk munkai igényesebb volt mint sok irodalmi módszer (reakcióelegyből királis HPLC-vel enantiomer arányok mérése) mert mi preparatív vrk-val tisztítottuk vegyületeinket, így mérni tudtuk fizikai tulajdonságaikat (optikai forgatóképesség, op. stb.) majd ¹H NMR spektroszkópiásan határoztuk meg az enantiomer felesleget (ee %). Egyes Michael adduktok abszolút konfigurációját röntgen diffrakciós analízissel állapítottuk meg. Egy kísérletsorozatban folytattuk a szubsztituált kalkonok vizsgálatát **1f** katalizátor jelenlétében, összefüggéseket kerestünk az aromás gyűrűn lévő szubsztituensek hatása és a kémiai ill. optikai termelés között.¹ Aromás és heteroaromás kalkon analgonokkal is végeztük a reakciót: az általános képletben az Ar¹=Ph, Ar²=1-naftil-, piperonil-, furil-, tiofenil-, pirroil-, piridil-, és indolil csoportok voltak, katalizátorok **1f**, **1g**, és **1i**. Legjobb enantioszelektivitást a furil-csoportot tartalmazó kalkonszármazék esetében (**1i** katalizátorral 80 % ee, S antipód feleslege) és a piridin-gyűrűs vegyületnél (**1f** katalizátorral 81 % ee) tapasztaltunk. A mannopiranozidból felépülő **2** makrociklusokkal az ellentétes antipód keletkezett, 50-82 % ee értékekkel (kalkonra 92 % ee).⁹ Példaképpen az 1. táblázatban mutatunk néhány kísérletet, amiket még nem publikáltunk. Ebben a kísérletsorozatban az Ar¹ és Ar² csoportok Ph, Me, terc-butil-, 1-naftil és 2-naftil voltak. A

legnagyobb enantioszelektivitást **1f** katalizátorral a $\text{Ar}^1=1\text{-naftil}$ $\text{Ar}^2=\text{Ph}$ felépítésű vegyülettel értük el (77 % ee), de nem keletkezett termék, ha bármelyik oldalt (Ar^1 vagy Ar^2) *tert*-butil csoporttal helyettesítettük. Ennek elméleti magyarázatához molekula-model számításokat végzünk (folyamatban).

b.) *Kalkonok aszimmetrikus epoxidációja*^{3-5, 9, 12, 13}

Az α,β -enonok aszimmetrikus epoxidációjának nagy jelentősége van, mert a keletkezett királis epoxi-keetonok, epoxi-észterek biológiailag aktív vegyületek (pl diltiazem intermedierje). Ezzel magyarázható, hogy külföldi kutatók sokféle módszert dolgoztak ki az un „megszívott” telítetlen kötés epoxidációjára. A mi felismerésünk alapja az, hogy kalkonok és kalkon analgonok *tert*-butil-hidroperoxiddal enantioszelektíven oxidálhatók az általunk szintetizált királis koronaéter katalizátorok jelenlétében, folyadék-folyadék kétfázisú rendszerben (2. reakcióegyenlet).³



2. reakcióegyenlet

A feldolgozás ebben az esetben is prep. vrk-val történt. Szerencsés előnynek bizonyult, hogy mindig csak *transz*-termékek keletkeztek, tehát csak két enantiomer arányát kellett meghatározni. Ebben a reakcióban a legjobb hatású katalizátor a glükopiranozid-egységet tartalmazó $\text{R}=(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ oldalkarral rendelkező **1f** vegyület volt, ezzel kalkon esetében ($\text{Ar}^1=\text{Ar}^2=\text{Ph}$) 94 % enantiomer felesleget értünk el.^{3,4} Szubsztituált kalkonok oxidációjánál az optikai tisztaság ennél kisebb volt. Érdekes megjegyezni, hogy míg a glükózból felépülő **1** katalizátorok a (-)-2*R*,3*S* konfigurációjú epoxiketon keletkezését segítik elő, addig a mannózból felépülő **2** koronaéterek a (+)-2*S*,3*R* antipódot preferálják (maximális érték **2f** katalizátorral 82 % ee).^{4-5,8} Ennek elméleti magyarázatát molekula-model számításokkal sikerült megadni; az átmeneti termék anion- Na^+ -koronaéter komplexek globális energiáit számolva (kvantumkémiai számításokkal kiegészítve) a kísérleti mérésekkel azonos eredményre jutottunk (publikálás alatt).¹⁷ Nagyszámú szubsztituált kalkonnal is elvégeztük az epoxidációs reakciót: 60-99 % ee értékeket kaptunk. Egyes epoxiketonok abszolút konfigurációját röntgen, a legtöbbet CD spektroszkópiával bizonyítottuk.^{4, 9, 12}

A kalkonhoz hasonló vegyületek epoxidációs kísérleteit még nem publikáltuk (2. táblázat) legjobb eredményt (**1f** katalizátorral) a $Ar^1 = \textit{terc}$ -butil, $Ar^2 = 2$ -naftil felépítésű vegyülettel értünk el: 92 % e

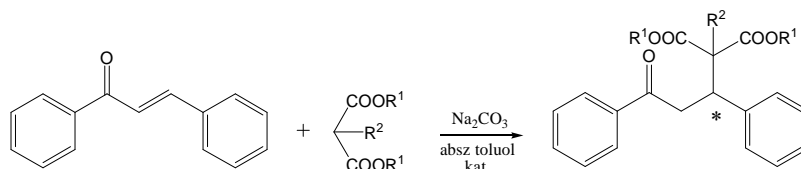
2. Táblázat. Kalkon analgonok aszimmetrikus epoxidációja

Ar^1	Ar^2	Reakcióidő (óra)	Termelés (%)	$[\alpha]_D^{20}$ ^b	ee
Ph	Me	6	40	- 3,4	55
Me	Ph	20	-	-	-
2-naftil	Ph	3	10	-137,7	87
1-naftil	Ph	9,5	44	-188,4	67
Ph	2-naftil	5,5	13	-156,7	66
Bu'	1-naftil	11,5	40	- 47,8	85
Bu'	2-naftil	11,5	32	- 253,2	92
Ph	Bu'	17,5	33	+ 9,2	34
Bu'	Ph	26	66	- 239,3	90

^b Fajlagos forgatás $CHCl_3$ -ban

c.) Malonészterek addíciója kalkonra

Ez a reakció szilárd-folyadék rendszerben ment végbe, bázisként a vízmentes Na_2CO_3 bizonyult alkalmasnak (3. reakcióegyenlet). Néhány kísérlet eredményét a 3. táblázat mutatja. Legnagyobb optikai tisztaságot a metil-dietilmalonát addíciójában értük el: 44 % ee. Ez a téma biztató, kísérletek még folynak, közlést későbbre tervezzük.



3. reakcióegyenlet

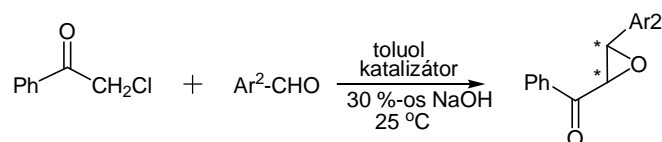
3. Táblázat. Malonészterek addíciója kalkonra

Kat.	R^1	R^2	Reakcióidő (óra)	Termelés (%)	$[\alpha]_D^{20}$ ^b	ee (%)
1f	Me	H	47,5	37	+ 12,7	40
1f	Et	H	48	22	+ 10,4	40
1g	Et	H	50	80	+ 6,7	29
1f	Et	Me	110	41	+ 26,8	44
1f	Me	Me	48	21	- 30,7	9
1f	Bu'	H	65	16	- 77,9	24
1f	Et	Et	31*	30	0	0

*Dieti-etil malonáttal történő reakció $NaOBu'$ bázissal ment 0 % ee! ^b Fajlagos forgatás CH_2Cl_2 -ban

d.) Az α -klór-acetofenon és aldehidek Darzens kondenzációja^{3, 5, 8}

Az α -klór-acetofenon és aromás aldehidek Darzens kondenzációjában királis katalizátoraink folyadék-folyadék rendszerben eredményeztek jelentős aszimmetrikus indukciót (4. reakcióegyenlet). Kimutattuk, hogy a katalizátor nitrogénatomján függő oldalkar erősen befolyásolja az enantioszelektivitást, leghatásosabbnak a hidroxi-propil szubsztituenssel rendelkező **1f** makrociklus bizonyult. Az eddig még nem közölt kísérletek adatait a 4. táblázat mutatja. Legnagyobb enantioszelektivitást kalkon esetében értünk el (75 % ee). A szubsztituált benzaldehidek reakciójában kisebb ee % értékeket mértünk. A mannózból felépülő **2** koronaéterek kisebb aszimmetrikus indukciót generáltak, mint a glükóz egységet tartalmazó **1** makrociklusok.⁹



4.reakcióegyenlet

4. Táblázat. Fenacil-klorid és aromás aldehidek Darzens kondenzációja

Katalizátor	Ar ² -CHO	Reakcióidő (min)	Termelés (%)	$[\alpha]_D^{20}$ _b	ee %
1f	Benzaldehid	20	58	-160	75
1f	Naftalin-2-karbaldehyd	90	73	-137	60
1f	Naftalin-1-karbaldehyd	90	66	45	60
1f	Piperonál	165	82	-90	64
1f	2-metil-benzaldehid	180	52	-42	49
1f	2-metoxi-benzaldehid	75	57	-13	50
1f	4-nitro-benzaldehid	180	63	-65	66
1f	2,6-diklór-benzaldehid	160	60	21	24
1f	2,4-diklór-benzaldehid	180	52	-34	64
1f	4-metil-benzaldehid	30	46	-130	60
3	Benzaldehid	30	58	47	22
1g	Benzaldehid	20	65	-45	21
1a	Naftalin-2-karbaldehyd	150	62	-46	20

^b Fajlagos forgatás CH₂Cl₂-ban

Egyes általunk szintetizált királis makrociklusok hatásos enantioszelektív katalizátorok α -amino- és α -hidroxi-foszfónátok előállításában is.¹¹

Kutatómunkánk egyik mellékága: cukoralapú koronaétereink textil-színezésnél a színezékek stabilitását befolyásoló adalékanyagként is használhatók.⁶

A kutatómunkából 17 közlemény született, 6 előadás (adatait nem részletezzük), két PhD disszertáció közül az egyik 2004-ben védelemmel zárult, a másik esetében még csak a munkahelyi vitánál tartunk. A pályázatból nyert nettó összeg (volt év amikor központilag csökkentették) nem lett volna elég a költségek fedezésére, de a pályázat vezetőjének lehetősége volt más forrásból (MTA, Konzorciumi munka) kiegészíteni az összeget.

Irodalomjegyzék

1.

Bakó T., **Bakó P.**, Keglevich Gy., Báthori N., Czugler M., Tatai J., Novák T., Parlagh Gy. and Tőke L.: Enantioselective Michael addition of 2-nitropropane to chalcone analogues catalyzed by chiral azacrown ethers based on α -D-glucose and D-mannitol
Tetrahedron:Asymmetry, **2003**, *14*, 1917-1923

IF: 2,18; Független idézet: 15

2.

Bitter I., Kőszegi É., Grűn A., **Bakó P.**, Pál K., Grofcsik A., Kubinyi M., Balázs B. and Tóth G.: Synthesis of chiral 1,3-calix[4](crown-6) ethers as potential mediators for asymmetric recognition processes

Tetrahedron:Asymmetry, **2003**, *14*, 1025-1035

IF: 2,18; Független idézet: 20

3.

Bakó P., Bakó T., Mészáros A., Keglevich Gy., Szöllősy Á., Bodor S., Makó A., Tőke L.: Phase Transfer Catalysed Asymmetric Epoxidation of Chalcones Using Chiral Crown Ethers derived from D-Glucose and D-Mannose

Synlett, **2004**, No. 4, 643-646

IF: 2,75; Független idézet: 5

4.

Bakó T., **Bakó P.**, Keglevich Gy., Bombicz P., Kubinyi M., Pál K., Bodor S., Makó A., Tőke L.: Phase-transfer catalyzed asymmetric epoxidation of chalcones using chiral crown ethers derived from D-glucose, D-galactose, and D-mannitol

Tetrahedron:Asymmetry, **2004**, *15*, 1589-1595

IF: 2,39; Független idézet: 11

5.

Tőke L., **Bakó P.**, Keglevich Gy., Bakó T.: Crown Ethers in Enantioselective Synthesis
Kemija u Industriji (Zagreb), **2004**, *53*, 349-358

6.

Víg A., **Bakó P.**, Rockenbauer A., Korecz L., Sirbiladze K., Rusznák I., Tőke L.: Light-induced free radicals in crown ether-reactive dyeing systems

Polymer Degradation and Stability, **2004**, *85*, 1059-1064

IF: 1,69; Független idézet: -

7.

Huszthy P., **Bakó P.**, Bakó T., Tőke L.: Koronaéterek kutatásának és felhasználásának helyzete napjainkban.

Magyar Kémikusok Lapja, **2004**, 59 (12), 398-405

8.

Huszthy P., **Bakó P.**, Makó A., Tőke L.: Királis koronaéterek

Magyar Kémiai Folyóirat, **2005**, 111(2), 55-64.

9.

Bakó P., Makó A., Keglevich Gy., Kubinyi M., Pál K.: Synthesis of D-mannose-based azacrown ethers and their application in enantioselective reaction

Tetrahedron:Asymmetry, **2005**, 16, 1861-1871

IF: 2,43; Független idézet: 5

10.

Bakó P., Makó A., Keglevich Gy., K. Menyhárt D., Sefcsik T. and Fekete J.: Alkali metal- and Ammonium Picrate Extraction and Complex Forming Capabilities of D-Glucose and D-Mannose-based Lariat Ethers

J. Incl. Phenom. **2006**, 55, 295-302

IF: 1,26; Független idézet: -

11.

M. Jászay Zs., Nagy É., **Bakó P.**, Petneházy I.: Chiral crown ethers in the synthesis of non racemic α -amino, and α -hydroxy phosphonates.

Chemistry Today, **2006**, 24, 24-26

IF: 0,38; Független idézet: -

12.

Pál K., Kállay M., Kubinyi M., **Bakó P.** and Makó A.: Circular dichroism spectra of *trans* chalcone epoxides

Tetrahedron:Asymmetry, **2007**, 18(13), 1521-1528

IF: 2,47 (2006-ban); Független idézet: 1

13.

Makó A., Szöllősy Á., Keglevich Gy., K. Menyhárd D., **Bakó P.** and Tőke L.: Synthesis of methyl- α -D-glucopyranoside-based azacrown ethers and their application in enantioselective reactions

Monatshefte für Chemie, **2007**, proof nyomdában

IF: 0,980 (2006-ban)

14.

Novák T., **Bakó P.**, Greiner I. and Keglevich Gy.: Enantioselective Phase Transfer Catalytic Reactions; A Comparative Study on the Use of Cinchonidine Salts and Glucose-based Lariat Ethers Including Phosphinoxidomethyl Derivatives,

Phosphorus, Sulfur and Silicon, **2007**, 182, 2449-2456

IF: 0,52 (2006-ban)

15.

Keglevich Gy., Kerényi A., Sipos M., Hohmann E., Makó A., Novák T., **Bakó P.** and Greiner I.: Application of green chemical approaches and tools in the development of environmental-friendly synthetic methods

Periodica Polytechnica, Chem. Eng. **2007**, 51/2, 1-4

16.

Makó A., K. Menyhárd D. and **Bakó P.**: Synthesis of α -D-glucose- and α -D-mannose-based azacrown ethers and their application in the enantioselective epoxidation of chalcones

Periodica Polytechnica, Chem. Eng. **2007**, elfogadva

17.

Attila Makó, Dóra K. Menyhárd, Péter Bakó, György Keglevich, László Tőke: Asymmetric phase-transfer mediated epoxidation of chalcone catalyzed by chiral crown ethers derived from monosaccharides; A theoretical study

J. Mol. Struc., **2007**, beadva

Két nemzetközi előadás, melyek Proceedings könyvei a teljes angol nyelvű előadás szerkesztett változatát közölték:

1.) L. Tőke, P. Bakó, T. Bakó: Crown Ethers in Enantioselective Synthesis, *Proceedings of Central European Chemical Meeting (CECM-2) Varazdin, Croatia*, **2003**

2.) L. Tőke, P. Bakó, T. Bakó: Chiral Crown Ethers in Enantioselective Synthesis, *Proceedings of The 6th Korea-Hungary Symposium on Organic Chemistry*, **2004**, Incheon, Korea