

**KÉMIAI EGYENSÚLYI ÉS KINETIKAI
KÖLCSÖNHATÁSOK LEÍRÁSA, ALKALMAZÁSA AZ
IONCSERE-KROMATOGRÁFIÁBAN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Készítette

Horváth Krisztián
okleveles környezetmérnök

Témavezető

Dr. Hajós Péter
egyetemi docens

Készült az „Anyagtudományok és -technológiák”
Doktori Iskola keretében

Pannon Egyetem
Mérnöki Kar
Analitikai Kémia Intézeti Tanszék
2007

1. Bevezetés és célkitűzések

1999-ben, mint Tudományos Diákköri hallgató kapcsolódtam be az Analitikai Kémia Tanszék egyik fő kutatási témakörébe, az ion- és folyadékkromatográfia fizikai-kémiai alapjainak kutatásába, módszereinek fejlesztésébe és analitikai alkalmazásaiba. Munkámban külön motivációt jelentettek a doktori iskolának az elválasztástudományban nemzetközileg is elismert eredményei ill. a diákkörös és PhD hallgatótársaim ezen a területen elért sikerei.

A nagyhatékonyságú ion-/folyadékkromatográfia gyors fejlődése elsősorban az alkalmazott szorbensek, a különleges fizikai és kémiai szerkezetű ioncserélők bevezetésének és az ezek működésével kapcsolatos ismeretek bővülésének köszönhető. Ezért fő célkitűzésnek tekintetem a pellikuláris szerkezetű, erős bázicitással rendelkező anioncserélők és a makrociklust tartalmazó ioncserélők működésének felderítését a szelektivitás, a hatékonyság és a retenciófüggés, mint alapvető funkcionális tulajdonságok leírását. Ezen ismeretek birtokában a bonyolult analitikai elválasztások szerves és szervetlen ionok ill. ionizálható komponensek részére tervezhetővé, paramétereik becsülhetővé válhatnak.

2. Felhasznált eszközök

Kísérleti munkám során Dionex 2010i, DX-300 és DX-500 ionkromatográfias rendszereket, Dionex AS4A-SC, AS9-HC és Cryptand-A1 kolonnákat használtam. A kidolgozott elméleti modellek paramétereinek meghatározása, statisztikai vizsgálata több mint 400 retenciós adatot tartalmazó, általam felvett adatbázis alapján történt. A kísérleti adatokat magasszintű (programozható) szoftverek segítségével dolgoztam fel: Mathematica 5.1, PeakFit 4.12, Statistica 7, GnuPlot 4.2.

3. A tudományos eredmények összefoglalása

Az elmúlt évek során, az ionkromatográfia területén elért eredményeim az alábbiak szerint foglalhatók össze.

1. SZERVES ÉS SZERVETLEN ANIONOK RETENCIÓS VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA LATEX AGGLOMERÁLT PELLIKULÁRIS ANIONCSERÉLŐN BÁZISOS ELUENS HASZNÁLTÁVAL.

- (a) Szerves és szervetlen anionok (formiát, acetát, propionát, laktát, piruvát, oxalát, maleát, szukcinát, tartarát, fumarát, maleinát, klorid, nitrát és szulfát) retenciós viselkedésének vizsgálata alapján megállapítottam, hogy: (i) az eluens koncentráció változása jelentős hatást gyakorol a mintaionok retenciós viselkedésére (növekvő eluens koncentráció csökkenő retencióhoz vezet), (ii) a szerves és szervetlen anionok retenciós tulajdonságai eltérőek, a komponensek egymástól elválaszthatók az alábbi szabályoknak megfelelően, (iii) a monokarbonsavak a dikarbonsavak előtt eluálódnak, (iv) funkciós csoportok jelenléte a retenciót növeli (pl.: piruvát vs. propionát, ill. tartarát vs. szukcinát), (v) dikarbonsavak retenciós viselkedése függ a karboxil csoportok relatív helyzetétől, azaz a geometriai izomerek elválaszthatók (pl.: maleinsav és fumársav) és (vi) a retenció nagyobb, ha π -kötés található a molekulán belül.
- (b) A mintaionok retenciós profiljának ($\lg k$ vs. $\lg c_{\text{OH}^-}$) vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a „Lineáris oldószererősségi modell” nem érvényes latex agglomerált pellikuláris anioncserélők esetén.

2. SZERVES ÉS SZERVETLEN ANIONOK RETENCIÓS VISELKEDÉSÉNEK LEÍRÁSA KÉMIAI EGYENSÚLYKON ALAPULÓ EGYENLETEKKEL LATEX AGGLOMERÁLT PELLIKULÁRIS ANIONCSERÉLŐ ESETÉBEN. RETENCIÓS ADATOK BECSLÉSE, SZÁMÍTÁSA.

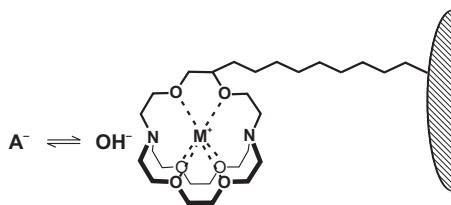
- (a) A latex agglomerált pellikuláris anioncserélő szerkezetéből adódóan az állófázist két részre bontottam. A funkciós csoportok egy része töltésgyengesúlyban van a latex réteg mögött található negatív töltésű szulfonált réteggel. Az állófázis felépítésére jellemző állandót, w súlytényezőt vezettem

be, mely az állófázis töltésgyensúlyban levő funkciók csoportjainak a teljes ioncsere-kapacitáshoz viszonyított arányát mutatja meg.

- (b) A vizsgált anionok retenciós viselkedését leíró egyszerűsített egyenletet vezettem le, amelyben a retenciót meghatározó egyensúlyi folyamatokra jellemző, új paramétereket (K_{OH} , K_A , $K_{A/OH}$) vezettem be. A modell érvényességét statisztikailag igazoltam a mért és számított adatok összehasonlításával.
- (c) A w súlytényező hatását vizsgálva anionok retenciós profiljára megállapítottam, hogy a súlytényező maximális értéke ($w = 1$) esetén a mintaionok retenciós profilja egy platóval kezdődik, mely a Langmuir-típusú adszorpciós mechanizmus esetén a retenciós tényezők (k) maximumát mutatja, míg $w = 0$ esetén, a modell teljesen egyenrangú a lineáris oldószererősségi modellel.

3. EGYSZERESEN NEGATÍV TÖLTÉSŰ ANIONOK RETENCIÓS VISELKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA N-DECIL-2.2.2 KRIPTAND (D222) MOLEKULÁT TARTALMAZÓ ÁLLÓFÁZISON, BÁZISOS ELUENS ALKALMAZÁSÁVAL.

- (a) Egyszeresen negatív töltésű anionok (bromát, klorid, nitrit, bromid, nitrát) retenciós viselkedését vizsgálva megállapítottam, hogy NaOH eluens használata esetén a vizsgált ionok retenciós tényezőinek maximuma van 3 – 4 mM eluens koncentrációnál, azaz több olyan NaOH koncentrációpár létezik, melyek esetén az egyes komponensek retenciója megegyezik. Ezek a koncentráció párok azonban az egyes anionok esetén különbözőek. KOH használatakor a vizsgált eluenskonzentráció tartományban (1 – 100 mM) nincs a retenciós tényezőknek maximuma. Mindezekből az következik, hogy az oszlopban lezajló retenciós folyamatok mintaion függőek és meglehetősen komplexek.
- (b) Megállapítottam, hogy azonos koncentrációjú NaOH eluens használata esetén a vizsgált anionok retenciós tényezője kisebb, mint KOH használatakor. Mindez a Na^+ és K^+ ionok kriptand molekulával képzett komplex stabilitási állandójának különbsége folytán kialakuló eltérő ioncsere-kapa-



1. ábra: Mintaion (A^-) és eluenszion (OH^-) között kialakuló ioncsere, komplex formában levő, anioncserélő funkciós csoportként viselkedő D222 makrociklikus molekulán.

citással magyarázható. Ennek köszönhetően, a mintaionok retenciós tulajdonságaitól függően, az eluens típusának és koncentrációjának megválasztásával oszlop ioncsere kapacitása az optimális értékre beállítható.

4. EGYSZERESEN NEGATÍV TÖLTÉSŰ ANIONOK RETENCIÓS VISELKEDÉSÉNEK LEÍRÁSA KÉMIAI EGYENSÚLYOKON ALAPULÓ EGYENLETEKKEL D222 MAKROCIKLIKUS MOLEKULÁT TARTALMAZÓ ÁLLÓFÁZIS ESETÉBEN. RETENCIÓS ADATOK SZÁMÍTÁSA.

(a) Retenciós egyenletet vezettem le egyszerűen negatív töltésű anionok D222 molekulát tartalmazó állófázison történő viselkedésének leírására, figyelembe véve a kriptand molekula protonálódását, pozitív töltésű funkciós csoportként viselkedő alkálifém-kriptát komplex kialakulását, az így kialakult komplexen az anionok és az eluens ionok megkötődését, ill. az ezek között kialakuló ioncserét (1. ábra). Kísérleti adatbázis alapján, iterációs úton meghatároztam a retenciós modellben szereplő egyensúlyi paramétereket. A modell alkalmazhatóságát statisztikai módszerekkel igazoltam a mért és számított adatok összehasonlításával.

(b) A meghatározott protonálódási és komplex stabilitási állandók segítségével vizsgáltam az elválasztó oszlop ioncsere-kapacitási viszonyait, melynek alapján megállapítottam, hogy mind NaOH, mind KOH eluens esetén az oszlop ioncsere-kapacitásának minimuma van. Előbbi esetben $3,78 \times 10^{-4}$ M, utóbbi esetben $6,73 \times 10^{-5}$ M eluenskonzentrációnál figyel-

hető meg. A KOH eluens használata esetén az oszlopon található funkciós csoportok száma minden esetben nagyobb, mint NaOH esetén. Ez a különbség $4,31 \times 10^{-4}$ M eluenskonzentráció értékénél a legnagyobb (2,5-szeres).

(c) Az ionpárpépződési állandók értékének nagyságrendjét vizsgálva megállapítható, hogy a K^+ -kriptát funkciós csoportok erős anioncserélőnek, míg a Na^+ -kriptát funkciós csoportok gyenge, a protonált kriptand molekulák pedig nagyon gyenge anioncserélőnek tekinthetők. Ezek az állófázisok előnyösen alkalmazhatók nagy retenciójú szerves anionok és haloecetsavak analitikai elválasztására.

5. A KROMATOGRÁFIA SZTOCHASZTIKUS RETENCIÓS ELMÉLETÉNEK ALKALMAZÁSA ANIONKROMATOGRÁFIÁS VÍZANALITIKAI ELVÁLASZTÁSOK TERÜLETÉN.

(a) A sztochasztikus elmélet felhasználásával, a momentumok módszerének segítségével meghatároztam az egyes mintákon olyan molekuláris retenciós sajátságait, mint az adszorpciós-deszorpciós lépések száma (n), az egyes ion fajták állófázison történő átlagos tartózkodási ideje egy-egy megkötődés alkalmával (τ_s), illetve a mozgófázisban való átlagos tartózkodási idejük egy deszorpció és az azt követő adszorpció között (τ_{sm}). Ezen adatok közvetlenül összefüggésbe hozhatók a retenciót megszabó folyamatok kinetikai állandóival, és nagyban meghatározzák az elválasztás hatékonyságát (bázisszélesség, tényérszám). A kapott eredmények alapján megállapítottam, hogy az egyes ionok lépésszáma csekély eltéréseket mutat, a retenciós viselkedésükben mutatkozó különbségek főként a megkötődve eltöltött idők különbségéből erednek.

(b) A meghatározott valószínűségi paraméterek alapján kiszámoltam az oszlop ioncserélő töltetein bekövetkező megkötődések gyakoriságát. Következtetésként megállapítottam, hogy az oszlop egy milliméterére vonatkoztatva a molekulák átlagosan 30–80 alkalommal kötődnek meg az állófázison, és egy-egy megkötődés alkalmával várhatóan 10–200 msec időt töltenek el ott. A megkötődési gyakoriságuk elsősorban a pH függvénye, az eluenskonzentráció kevésbé befolyásolja. Megállapítottam, hogy az egyes

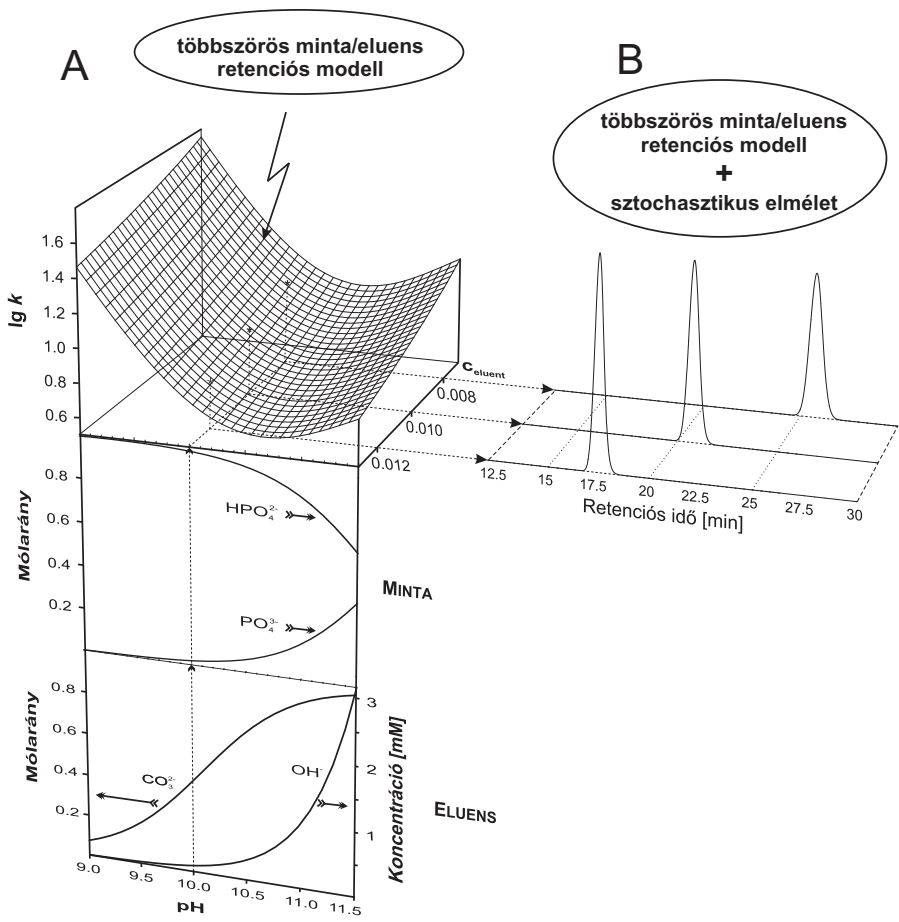
mintaionok az oszlop ioncserélő helyeinek csak igen kis hányadát használják fel. Az eredményeket összehasonlítva az RP-HPLC-ben jellemző értékekkel megállapítható, hogy a megkötődések számának várható értéke jóval nagyobb (2–3×), a tartózkodási időké pedig lényegesen kisebb (~ 0,5×) RP-HPLC-ben, mint a vizsgált anionkromatográfiás rendszerben. Mindez az allófázisok hordozói, a sztirol-divinilbenzol polimer és a szilikagél közti anyagátadással szembeni eltérő ellenállásából és a mintakomponensek megkötődési-entalpia változásának különbségéből fakad.

- (c) Elméleti megfontolások alapján kapcsolatot teremtettem az ionkromatográfiában használatos, Hajós és munkatársai által kidolgozott többszörös eluens/minta retenciós modellel (2. ábra). Így nem csak a kromatográfiás csúcs helyét (minőségi információ), hanem a csúcs alakját (kinetikai információ) is becsülni képes módszert adok meg az analitikai elválasztások céljára. Így akár a komplex elválasztást igénylő környezeti minták elemzése is hatékonyan tervezhető, megfelelő felbontás érhető el.

4. Publikációk, előadások / Publications, presentations

4.1. Publikációk / Publications

1. P. Hajós, **K. Horváth**, R. Conca, C. Sarzanini: Histidine as a Dipolar Eluent in Ion Chromatography of Aliphatic Amines, *Chromatographia*, 56, 2002, 103-107, **IF: 1.230**
2. **K. Horváth**, P. Hajós: Retention profiles and mechanism of anion separation on latex-based pellicular ion exchanger in ion chromatography, *Journal of Chromatography A*, 1104, 2006, 75-81, **IF: 3.554**
3. M. C. Bruzzoniti, P. Hajós, **K. Horváth**, C. Sarzanini: Ion chromatographic retention mechanism of inorganic anions on macrocycle based stationary phase, *Acta Chimica Slovenica*, 54, 2007, 14-19., **IF: 0.500**



2. ábra: Retenció idő és csúcsalak becslése a többszörös eluens/minta retenció modell és a sztochasztikus elmélet integrálásával.

4. **K. Horváth**, M. Olajos, A. Felinger, P. Hajós: Retention Controlling and Peak Shape Simulation in Anion Chromatography Using Multiple Equilibrium Model and Stochastic Theory, *Journal of Chromatography A*, on-line, doi:10.1016/j.chroma.2007.07.043, **IF: 3.554**
5. M.C. Bruzzoniti, R.M. De Carlo, **K. Horváth**, P. Hajós, D. Perrachon, A. Prella, C. Sarzanini: High performance separation of haloacetic acids on macrocyclic cryptand anion exchanger, *Journal of Chromatography A*, közlés alatt
6. P. Hajós, **K. Horváth**, É. Szikszay: Ion-kromatográfia alkalmazása alifás aminok elválasztására és anionos mátrixhatás vizsgálatára, *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) kiadványa*, 2002, 104-108.
7. Egyéb közlemény: Z. Bacsik, A. Gyivicsán, **K. Horváth**, J. Mink: Determination of carbon monoxide concentration and total pressure in gas cavities in silica glass body of light bulbs by FTIR spectrometry, *Analytical Chemistry*, 78, 2006, 2382-2387, **IF: 5.646**

4.2. Konferencia előadások / Presentations

4.2.1. Nemzetközi konferencia előadások / Presentations on International Symposia

1. **K. Horváth**, P. Hajós, L. Nagy R., Conca, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini: Histidine as Dipolar Eluent in Liquid Chromatography of Alkyl Amines, , *Balaton Symposium '01*, 2001. szeptember 2-4., Siófok
2. **K. Horváth**, P. Hajós: Influence of Sample Matrix Composition on the Retention of Trace Level Bromate in Ion Chromatography, , *24th International Symposium on Chromatography 2002*, 2002. szeptember 15-20., Lipcse
3. **K. Horváth**, P. Hajós: High Performance Ion Chromatography of Aliphatic Amines using Zwitterionic Eluents and Isoelectric Conductivity Detection, , *24th International Symposium on Chromatography 2002*, 2002. szeptember 15-20., Lipcse

4. **K. Horváth**, P. Hajós: Equilibrium Based Approach for Matrix Related Problems in Ion Chromatography , , *5th Balaton Symposium on High Performance Separation Methods*, 2003. szeptember 3-5., Siófok
5. P. Hajós, **K. Horváth**, É. Szikszay, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini: High Performance Ion Chromatography of Aliphatic Carboxylic Acids and Inorganic Anions, , *Advances in Chromatography and Electrophoresis - Conferentia Chemometrica*, 2003. október 27-29., Budapest
6. R. Tófalvi, **K. Horváth**, P. Hajós: Prediction of Conductivity detector Signal of Ions in Anion Chromatography Using Alkane Sulfonate Eluents, *12th International Symposium Advances and Applications of Chromatography in Industry*, 2004. június 29-július 1., Pozsony, Szlovákia
7. **K. Horváth**, P. Hajos, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini: Retention behaviour of common inorganic anions using cryptand based anion exchange chromatography, *VIII Conferenza Nazionale di Chimica dell'ambiente e dei Beni Culturali: Governare la Complessità con la Complessità*, 2004. július 8-11., Siena, Olaszország
8. É. Szikszay, **K. Horváth**, O Horváth, P. Hajós: Iterative Approach for Determination of Equilibrium Constants in Ion Exchange Chromatography, *Symposium on Computer Applications and Chemometrics in Analytical Chemistry*, 2004. augusztus 31. - szeptember 3., Balatonfüred
9. L. Nagy, **K. Horváth**, P. Hajós, G. Nagy: Testing of Amperometric Detector Cell in HPLC - Separation of Sugars and Organic Acids, *Symposium on Computer Applications and Chemometrics in Analytical Chemistry*, 2004. augusztus 31. - szeptember 3., Balatonfüred
10. **K. Horváth**, P. Hajós, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini: Retention Shift of Bromate Anion in High Ionic Matrix Using Suppressed Ion Chromatography, előadás, *17th International Ion Chromatography Symposium*, 2004. szeptember 20-23., Trier, Németország

11. É. Szikszay, **K. Horváth**, P. Hajós: High Performance Cation Chromatography Using Histidine Dipolar Eluent, *17th International Ion Chromatography Symposium*, 2004. szeptember 20-23., Trier, Németország
12. **K. Horváth**, É. Szikszay, P. Hajós: Computer Assisted Graphical Ways for Prediction of Retention Data in Ion Chromatography, *10th International Symposium on Separation Sciences - New Achievements in Chromatography*, 2004. október 12-15., Opatija, Horvátország
13. **K. Horváth**, P. Hajós, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini: High Performance Anion Separations Using Macrocycle Based Ion Exchanger, *10th International Symposium on Separation Sciences - New Achievements in Chromatography*, 2004. október 12-15., Opatija, Horvátország
14. L. Nagy, R. Bártai, **K. Horváth**, P. Hajós, G. Nagy: Amperometric detector cell for HPLC separation of sugars and organic acids, *29th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2005)*, 2005. június 25-30., Stockholm, Svédország
15. **K. Horváth**, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini, P. Hajós: High performance ion chromatography using macrocycle based anion exchanger, *29th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2005)*, 2005. június 25-30., Stockholm, Svédország
16. **K. Horváth**, P. Hajós: Comparative study of aliphatic carboxylic acid separation performed by ion-exclusion and ion chromatography, *29th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2005)*, 2005. június 25-30., Stockholm, Svédország
17. **K. Horváth**, D. Perrachon, M.C. Bruzzoniti, C. Sarzanini, P. Hajós: Retention behaviour of anions in ion chromatography using macrocycle based anion exchanger, *10th EuCheMS-DCE International Conferences on Chemistry and the Environment*, 2005. szeptember 4-7., Rimini, Olaszország
18. M. C. Bruzzoniti, **K. Horváth**, P. Hajós, D. Perrachon, C. Sarzanini: Separazione e determinazione di acidi aloacetici con fasi criptande (Separation and

- determination of haloacetic acids by cryptand phases), *National Conference of the Italian Chemical Society*, 2006. Szeptember 10-15., Firenze, Olaszország
19. **K. Horváth**, P. Hajós: Retention Profiles and Mechanism of Anion Separation on Latex-based Pellicular Ion Exchanger in Ion Chromatography, *19th International Ion Chromatography Symposium*, 2006. szeptember 24-27., Pittsburgh, Pennsylvania, USA
 20. **K. Horváth**, D. Perrachon, R. Tófalvi, C. Sarzanini, P. Hajós: High Performance Separation of Haloacetic Acids on Macrocycle-Based Anion-Exchanger, *19th International Ion Chromatography Symposium*, 2006. szeptember 24-27., Pittsburgh, Pennsylvania, USA
 21. **K. Horváth**, M. Olajos, P. Hajós: Integrated Description of Chromatographic Process of Anions Using Stochastic Theory and Multiple Species Analyte/Eluent Retention Model, *19th International Ion Chromatography Symposium*, 2006. szeptember 24-27., Pittsburgh, Pennsylvania, USA
 22. M.C. Bruzzoniti, P. Hajós, **K. Horváth**, C. Sarzanini: Ion Chromatography: new mechanism and modelling, *12th International Symposium on Separation Sciences*, 2006. Szeptember 27-29., Lipica, Szlovénia
 23. R. Tófalvi, R. M. Carlo, **K. Horváth**, C. Sarzanini, M.C. Bruzzoniti, P. Hajós: Simultaneous Determination of Chelating Ligands, Anions, and Cations by High Performance Anion Chromatography, *31th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2007)*, 2007. június 17 - 21., Gent, Belgium
 24. **K. Horváth**, P. Hajós, I. Varju, T. Pintér, J. Schunk: Trace Anion Chromatography of Nuclear Power Plant Borated Water, *31th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2007)*, 2007. június 17 - 21., Gent, Belgium
 25. **K. Horváth**, M. Olajos, A. Felinger, P. Hajós: Retention Controlling and Peak Shape Simulation in Anion Chromatography Using Combination of Multiple Equilibrium Model and Stochastic Theory, *31th International Symposium*

on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2007), 2007. június 17 - 21., Gent, Belgium

26. **K. Horváth**, P. Hajós: Peak Shape Analysis of Multiprotic Analytes in Anion Chromatography, *7th Balaton Symposium*, 2007. szeptember 5 – 7, Siófok
27. R. Tófalvi, R.M. Carlo, **K. Horváth**, C. Sarzanini, M. Bruzzoniti, P. Hajós: High Performance Anion Chromatography of Metal-Chelate Complexes, Organic and Inorganic Anions *7th Balaton Symposium*, 2007. szeptember 5 – 7, Siófok
28. **K. Horváth**, P. Hajós, J. Balla, I. Bálint, O. Klug: Controlling of Chemical Stability of Electrolytic Capacitors Using RP-HPLC, Ion Chromatography and HS-GC-MS, *7th Balaton Symposium*, 2007. szeptember 5 – 7, Siófok

4.2.2. Nemzeti (magyar nyelvű) konferencia előadások / Presentations on National Symposia

29. **Horváth K.**, Hajós P.: Mátrixhatás retenciós viszonyainak számítása az anion-kromatográfiában, , *Elválasztástudományi Vándorgyűlés 2002*, 2002. október 16-18., Lillafüred
30. **Horváth K.**, Hajós P.: Dipoláris ioncsere-kromatográfia alifás monoaminok és kationok elválasztására, , *Elválasztástudományi Vándorgyűlés 2002*, 2002. október 16-18., Lillafüred
31. Hajós P, **Horváth K.**, Szikszay É.: Ion-kromatográfia alkalmazása alifás aminok elválasztására és anionos mátrixhatás vizsgálatára, előadás, *VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia*, 2002. november 15-17., Kolozsvár
32. **Horváth K.**, Hajós P.: Makrociklikus polimer anioncserélők alkalmazása nagyhatékonyságú ion kromatográfiában, *Tavaszi Kromatográfias Ankét*, 2005. február 24., Budapest
33. **Horváth K.**: Makrociklusos polimer anioncserélők komplex egyensúlyai és alkalmazása haloecetsavak gyors elválasztására, *MTA Anyagtudományi Bizottság Ülése - PhD hallgatók anyagtudományi napja VI.*, 2006. november 14-én, Pannon Egyetem, Veszprém

34. **Horváth K.**, D. Perrachon, Tófalvi R., C. Sarzanini, Hajós P: Haloecetsavak nagyhatékonyságú ionkromatográfiás elválasztása makrociklikus anioncserélőn, *MKE Centenáriumí Vegyészkonferencia*, 2007. május 29. - június 1., Sopron
35. Tófalvi R., R. M. di Carlo, **Horváth K.**, Hajós P:Komplexbépző ligandumok, anionok és kationok szimultán analízise nagyhatékonyságú ionkromatográfiával, *MKE Centenáriumí Vegyészkonferencia*, 2007. május 29. - június 1., Sopron

5. Az eredmények hasznosítása

A kutatási eredmények az alábbi projektekben való részvételem során hasznosultak.

1. Gyógyszeripari alapanyag-minták analitikai jellemzése és anyagszerkezetének vizsgálata, 2004. szeptember
2. Primerkörí bórsavas hűtőközeg kloridtartalom meghatározási módszerének felülvizsgálata, statisztikai elemzése, 2005.09.09. – 2005.12.21.
3. Szekunderkörí lúgos vízüzem kationtartalom meghatározási módszerének felülvizsgálata, statisztikai értékelése, 2006.01.09 – 2006.06.30.
4. Analitikai módszerek kidolgozása és alkalmazása kondenzátor elektrolitoldatok komponenseinek vizsgálatára, GVOP-3.1.1., 2005.02.01. – 2007.07.31.

6. Elismerések / Awards

1. *Best Poster Award*: K. Horváth, P. Hajós: Equilibrium Based Approach for Matrix Related Problems in Ion Chromatography , 5th Balaton Symposium on High Performance Separation Methods, 2003. szeptember 3-5., Siófok
2. "*Chromatographia*" folyóirat díja fiatal kutatók részére, 2003. szeptember 3.
3. *CEEPUS Mobility Grant*, 2004. június 20., Bratislava
4. *Applied Physical Chemistry Award* - Halász Foundation, 2005. június 25., Stockholm
5. *PhD Student Award*, 19th Annual International Ion Chromatography Symposium, 2006. szeptember 24-27., Pittsburgh, Pennsylvania, USA
6. *PhD Student Award*, 31th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2007), 2007. június 17 - 21., Gent, Belgium,
7. *Best Poster Award*, K. Horváth, P. Hajós, J. Balla, I. Bálint, O. Klug: Controlling of Chemical Stability of Electrolytic Capacitors Using RP-HPLC, Ion Chromatography and HS-GC-MS, 7th Balaton Symposium, 2007. szeptember 5 – 7, Siófok