



245898



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการแยกสารที่มีประสิทธิภาพสูงในอะพอลารีอิเล็กโตรโครมาโทกราฟีและ
ไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีโดยใช้เฟสอยู่กับที่ประเภทมอนอลิธ

รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนุญ หนูจักร

มิถุนายน 2553



รายงานฉบับสมบูรณ์



โครงการการแยกสารที่มีประสิทธิภาพสูงในเคพิดลารีอิเล็กทรอนิกส์โครมาโทกราฟีและ
ไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีโดยใช้เฟสอยู่กับที่ประเภทมอนอลิธ

รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนุญ หนูจักร

มิถุนายน ๒๕๕๓

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการแยกสารที่มีประสิทธิภาพสูงในอะพอลารีอเล็กโทรโครมาโทกราฟีและ
ไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีโดยใช้เฟสอยู่กับที่ประเภทอนอติท

รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมบุญ หนูจักร
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ชื่อโครงการ: การแยกสารที่มีประสิทธิภาพสูงในเคพิลลารีอิเล็กโตรโครมาโทกราฟีและ

ไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีโดยใช้เฟสอยู่กับที่ประเภทมอนอลิธ

รหัสโครงการ: RMU5080054

ระยะเวลาโครงการ: 26 มิ.ย. 50 ถึง 24 มิ.ย. 53

ชื่อนักวิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนุญ หนูจักร

อีเมล: thumnoon.n@chula.ac.th

สถาบัน: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

245898

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาค่าความจำเพาะของการแยกสารและรีเทนชันในเทคนิคการแยกสารด้วยเคพิลลารีขนาดไมโครเมตรของเทคนิคเคพิลลารีอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี (CE) และไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี (μ HPLC) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการแยกสารที่ดีที่สุด

ได้เปรียบเทียบค่าจำเพาะการแยกของเฟสคงที่สำหรับสารประกอบกลุ่มแอลกอฮอล์ในรีเวิร์สเฟส μ HPLC โดยใช้ซิลิกามอนอลิธเคพิลลารีคอลัมน์ที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยหมู่พอลิออกเตดิล (ODM) และหมู่ C18 (ODS) พบว่าสารทดสอบอนุพันธ์เบนซีนที่มีหมู่แทนที่เป็นแอลกอฮอล์เกิดรีเทนชันบน ODM ได้ดีกว่าทั้งในเฟสเคลื่อนที่ที่เป็นเมทานอล/น้ำ และอะซิโตน/ไตรคลอโรเอทิล/น้ำ ค่าจำเพาะการแยกสารสำหรับสารประกอบกลุ่มแอลกอฮอล์บน ODM มีค่ามากกว่าบน ODS ทั้งนี้เนื่องจากอันตรกิริยาที่เป็น dispersive ที่มากกว่าโดยหมู่พอลิออกเตดิลที่หนาแน่นกว่าบนคอลัมน์ ODM ที่เป็นการเคลือบแบบพอลิเมอร์ รวมทั้งผลของหมู่คาร์บอนิลในสายโซ่ของ ODM นอกจากนี้คอลัมน์ ODM ยังเป็นทางเลือกที่ดีกว่าคอลัมน์ ODS สำหรับแยกสารกลุ่มคลอโรฟีนอล

ได้พบวารีเทนชันอันดับแรก (I) เป็นตัวแปรที่ดีกว่ารีเทนชันแฟกเตอร์ (k) สำหรับเปรียบเทียบแอฟฟินิตีสัมพัทธ์ของอนุพันธ์เบนซีนที่มีหมู่แทนที่สองหมู่ในไมโครอิมัลชันอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี (MEEKC) และไมเซลล์ลารีอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี (MEKC) ทั้งนี้เนื่องจากค่า / ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวค่า / ที่ได้จาก MEEKC และ MEKC อาจใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหมู่แทนที่ นอกจากนี้ทฤษฎีหลักการเดิมยังสามารถใช้ทำนายค่า / ของเบนซีนที่มีหมู่แทนที่สองหมู่ต่างกันจากที่มีหมู่แทนที่สองหมู่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามผลของอิเล็กโตรนิคและ/หรืออันตรกิริยาภายในโมเลกุลอาจทำให้ค่าจากการทดลองแตกต่างจากการทำนาย

ได้นำเสนอสมการและแบบจำลองทางทฤษฎีสำหรับค่าจำเพาะการแยกสารใน MEKC (α_{MEKC}) เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงการแยกและลำดับการเคลื่อนที่ของสารที่มีประจุใน MEKC ซึ่ง α_{MEKC} สัมพันธ์กับตัวแปรที่ไม่มีหน่วยของค่าความจำเพาะของ μ (ความสามารถในการเคลื่อนที่) ในเคพิลลารีโซนอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี (α_{CZE}) และค่าความจำเพาะของรีเทนชันใน MEKC (α_k) โดยที่ α_{CZE} นิยามเป็นอัตราส่วนของ μ ใน CZE และ α_k นิยามเป็นอัตราส่วนของค่า k ใน MEKC สำหรับสองสารมีประจุ เมื่อใช้อัลคิลพาราเบนเป็นสารทดสอบ พบว่า α_{MEKC} จากการทดลองสอดคล้องกับค่าทำนายจากแบบจำลองทางทฤษฎี

จากแบบจำลองทางทฤษฎีของ MEKC ได้นำเสนอสมการและแบบจำลองทางทฤษฎีของค่าจำเพาะการแยกในไซโคลเดกซ์ทรินอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี (α_{CD}) ที่สัมพันธ์กับตัวแปรที่ไม่มีหน่วยของค่าจำเพาะ ได้แก่ α_{CZE} และ binding selectivity (K) เพื่ออธิบายการเปลี่ยน α_{CD} สำหรับสารสองชนิดที่มีประจุและไซโคลเดกซ์ทรินที่ไม่มีประจุ โดยนิยาม K เป็นอัตราส่วนของ binding constant จากการแยกอนุพันธ์กรดเบนโซอิกและกรดฟีนอกซี ด้วย β -CD พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า α_{CD} จากการทดลองสอดคล้องกับค่า α_{CD} จากทางทฤษฎี

ในการเปรียบเทียบค่าจำเพาะการแยกใน CZE, MEKC และ CD-EKC สำหรับคู่ของสารที่เป็นมอนอคลอโรเบนโซเอตกับมอนอเมทิลเบนโซเอต (C^-/M^-) หรือคู่ของไดคลอโรเบนโซเอตกับไดเมทิลเบนโซเอต (DC^-/DM^-) ซึ่งมี μ ใกล้เคียงกันนั้น พบว่าค่า α_{CD} มีค่ามากกว่า α_{CZE} และ α_{MEKC} ทั้งนี้เนื่องจาก CD มี K สูง นอกจากนี้ได้ทดลองแยกกรดฟีนอกซี 10 ชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 2,4-DB/MCPB และ 2,4-D/MCPA ที่มีหมู่แทนที่บนวงเบนซีนแตกต่างกันเพียงหมู่คลอโรและหมู่เมทิลเท่านั้น พบว่าสามารถแยกกรดฟีนอกซีได้ในคราวเดียวกันได้โดยใช้บัฟเฟอร์ของ CD-EKC ประกอบด้วย 3 mM DM- β -CD ดังนั้น CD-MEKC เป็นทางเลือกที่ดีกว่า CZE และ MEKC สำหรับแยกสารประกอบที่มีหมู่แทนที่ที่แตกต่างกันเพียงหมู่คลอโรและเมทิล

คำสำคัญ: เคพิลลารีอิเล็กโตรโครมาโทกราฟี, ไมโครไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี, ค่าความจำเพาะของการแยกสาร, มอนอลิธ, รีเทนชัน,

Project Title: High Efficiency Separation in Capillary Electrochromatography and Micro High-Performance Liquid Chromatography Using Monolithic Stationary Phase
Project Code: RMU5080054 **Project Period:** 25th June 2007 to 24th June 2010
Investigator: Associate Professor Thumnoon Nhujak, Ph.D. **Email:** thumnoon.n@chula.ac.th
Affiliation: Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University

245898

Abstract

In order to obtain high efficiency of microseparation in capillary electrophoresis (CE) and micro high-performance liquid chromatography (μ HPLC), selectivity and retention in these techniques were investigated.

Stationary phase selectivities for halogenated compounds in reversed-phase μ HPLC were compared using C18 monolithic silica capillary columns modified with poly(octadecyl methacrylate) (ODM) and octadecyl moieties (ODS). The preferential retention of halogenated benzenes on ODM was observed in methanol/water and acetonitrile/water mobile phases. Greater selectivities for halogenated compounds on ODM column were obtained, due to the greater dispersive interactions by more densely packed octadecyl groups on the ODM polymer coated column together with the contribution of carbonyl groups in ODM side chains. The ODM column also showed a better alternative to the ODS column for the separation of chlorophenols.

Retention index (I), rather than retention factor (k), was found to be a more reasonable parameter for comparison of the relative affinity of disubstituted benzenes in microemulsion electrokinetic chromatography (MEEKC) and micellar electrokinetic chromatography (MEKC), due to independent of I with the surfactant concentration. MEKC and MEEKC may give similar or different I values, depending on types of moieties. In addition, a group additive approach can be used to predict I for disubstituted benzenes with different moieties from the average observed I for the disubstituted benzenes with same moieties. However, electronic effects and/or intramolecular interaction may result in the different observed I from prediction.

Equations and theoretical models for MEKC separation selectivity (α_{MEKC}) were established to explain a change in separation and migration order of fully charged analytes, in which α_{MEKC} is related to the dimensionless values of electrophoretic mobility (μ) selectivity in capillary zone electrophoresis (α_{CZE}) and retention selectivity (α_k) in MEKC, and where α_{CZE} and α_k are defined as the ratio of μ in CZE and the ratio of k in MEKC for two charged analytes, respectively. Using four alkylparabens as test analytes, excellent agreement was found between the observed MEKC and the proposed α_{MEKC} models of test analytes in MEKC.

According to those of MEKC, equations and theoretical models of cyclodextrin-EKC selectivity (α_{CD}) related to the dimensionless values of selectivities, α_{CZE} and binding selectivity (κ), were also proposed in order to explain a change in α_{CD} for two charged analytes using neutral CD, where κ are defined as the ratio of binding constant. Using substituted benzoic acids and phenoxyacetic acid as test analytes with β -CD, the changes in the observed α_{CD} values were found to be in good agreement with the theoretical α_{CD} models.

In comparison of separation selectivities in CZE, MEKC and CD-EKC for a pair of monochlorobenzoates/monomethylbenzoates (C^-/M^-) or dichlorobenzoates/dimethylbenzoates (DC^-/DM^-), having similar μ , the higher α_{CD} than α_{CZE} and α_{MEKC} was obtained due to high κ . In addition, simultaneous separation of ten phenoxy acid herbicides, especially 2,4-DB/MCPB and 2,4-D/MCPA having the difference in chloro and methyl substituents on a benzene ring, was also obtained using the CD-EKC buffer containing 3.0 mM DM- β -CD. Therefore, in comparison with CZE and MEKC, CD-EKC can be used as the better alternative to separate compounds having the different substituents only by chloro and methyl groups.

Keywords: Capillary electrophoresis, High-Performance Liquid Chromatography Separation selectivity, Monolith, Retention

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุน คำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคล และหน่วยงานดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับแหล่งทุนสนับสนุนหลักจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่ให้ทุนเพิ่มขีดความสามารถด้านการวิจัยของ อาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา (RMU5080054) และขอบคุณแหล่งทุนเสริมเพิ่มเติม ได้แก่ ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช) โครงการมหาวิทยาลัยนาร่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโครงการมหาวิทยาลัยจาก สกอ.

ขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนหน่วยปฏิบัติการวิจัยการแยกสารและโครมาโทกราฟี ขอขอบคุณโครงการกระตุ้นเศรษฐกิจจากรัฐบาลไทย (SP2) ภายใต้โครงการก่อตั้งศูนย์เชี่ยวชาญทางนวัตกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและการเกษตร สำหรับทุนสนับสนุนด้านเครื่องมือการวิจัย ขอขอบคุณการสนับสนุนจากศูนย์เชี่ยวชาญทางปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และวัสดุขั้นสูง และขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับสถานที่เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชนันท์ ลิพิพัฒน์ ไพบูลย์ อาจารย์ ดร.มนพิชา ศรีสะอาด Professor Nobuo Tanaka และ Associate Professor Tohru Ikegami ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขอขอบคุณนิสิตปริญญาเอก นางสาวสุรา สุนทรตันติกุล และนางสาวชนิดา พวงพิลา และนิสิตปริญญาโท นางสาวศิริพร อังคณาศิริพร สำหรับผู้ช่วยวิจัยของโครงการวิจัยย่อยต่างๆ และขอบคุณลูกศิษย์อื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออื่นๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดาและพี่น้องทุกคนเป็นอย่างสูงที่เป็นกำลังใจตลอดเวลาในการทำงานวิจัย

สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การเตรียมและทดสอบประสิทธิภาพของอะพอลารีคอลลอยด์ประเภทซิลิกาอนอติค และหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับแยกสารกลุ่มฟีนอกซีแอซิด และบิสฟีนอลเอไดโกล ซิลิธีเทอร์ บิสฟีนอลเอฟไดโกลซิลิธีเทอร์ และอนุพันธ์	13
2.1 คำนำ	13
2.2 การทดลอง	16
2.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	19
2.4 สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	33
บทที่ 3 การเปรียบเทียบค่าจำเพาะการแยกสารของอะพอลารีคอลลอยด์ประเภทอนอติคที่ ปรับปรุงพื้นผิวด้วยพอลิออกตะเดคซิลเมทอะคริเลตและหมู่พอลิออกตะเดคซิลสำหรับ การแยกสารประกอบกลุ่มเฮโลเจนในลิกวิด โครมาโทกราฟีแบบรีเวิร์สเฟส	36
3.1 คำนำ	36
3.2 การทดลอง	37
3.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	38
3.4 สรุปผลการทดลอง	46
เอกสารอ้างอิง	47
บทที่ 4 การเปรียบเทียบและการทำนายรีเทนชันของสารประกอบแอโรแมติกที่มี หมู่แทนที่สองหมู่ในอะพอลารีอิลิกโครมาโทกราฟี	49
4.1 คำนำ	49
4.2 การทดลอง	51
4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	52
4.4 สรุปผลการทดลอง	60
เอกสารอ้างอิง	61

บทที่ 5 แบบจำลองทางทฤษฎีของค่าจำเพาะการแยกสำหรับสารที่มีประจุ ในไมเซลล์าริเล็กโทรโครมาโทกราฟี	64
5.1 คำนำ	64
5.2 การทดลอง	66
5.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	67
5.4 สรุปผลการทดลอง	75
เอกสารอ้างอิง	75
บทที่ 6 แบบจำลองทางทฤษฎีของค่าจำเพาะการแยกสำหรับสารที่มีประจุ ในเทคนิคไฮโครเด็คซ์ทรินิเล็กโทรโครมาโทกราฟี	78
6.1 คำนำ	78
6.2 การทดลอง	79
6.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	80
6.4 สรุปผลการทดลอง	89
เอกสารอ้างอิง	90
บทที่ 7 การเปรียบเทียบค่าจำเพาะการแยกในเทคนิคอะฟิเล็กโทรโฟรีซิสสำหรับสาร กลุ่มแอมโฟเทอริกที่มีหมู่แทนที่เป็นคลอโรและเมทิล	92
7.1 คำนำ	92
7.2 การทดลอง	93
7.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	94
7.4 สรุปผลการทดลอง	107
เอกสารอ้างอิง	108
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	109
ภาคผนวก 1 ผลงานวิจัยตีพิมพ์ใน Journal of Chromatography A 1216 (2009), 5868-5874	115
ภาคผนวก 2 ผลงานวิจัยตีพิมพ์ใน Electrophoresis 31 (2010), 695-701	123
ภาคผนวก 3 ผลงานวิจัยตีพิมพ์ใน Electrophoresis 32 (2011), 203-209	131
ภาคผนวก 4 ผลงานวิจัยเตรียมส่งตีพิมพ์ในวารสาร	139
ภาคผนวก 5 ผลงานวิจัยเตรียมส่งตีพิมพ์ในวารสาร	146
ภาคผนวก 6 สรุป Output จากโครงการวิจัย	156

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
1.1	ภาพตัดขวางของ packed และ monolithic column	3
1.2	การแยกสารของเทคนิค CE ประเภทต่างๆ (a) CZE, (b) MEKC, (c) MEEKC และ (d) CD-EKC	4
1.3	โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวและไมเซลล์	6
1.4	หยดน้ำมันที่มีสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวรวมมาล้อมรอบ	6
1.5	ไซโคลเดกทรีนซึมน้ำตาล 6, 7, 8 หน่วย สำหรับ α -, β - และ γ -CD ตามลำดับ โดยที่ x, y, z เป็น H สำหรับ native CD และ หมู่แทนที่สำหรับอนุพันธ์ เช่น หมู่เมทิล เป็นต้น	7
2.1	สูตรโครงสร้างของสารในกลุ่มฟีนอกซีแอซิด	13
2.2	สูตรโครงสร้างของ BADGEs และ BFDGEs	14
2.3	ส่วนประกอบอย่างง่ายของเครื่อง HPLC	16
2.4	ส่วนประกอบอย่างง่ายของเครื่อง μ HPLC แบบ split flow/injection	16
2.5	ค่ารีเทนชันแฟกเตอร์ของสารทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นต่างๆ ของเฟสเคลื่อนที่ (a) 80% เมทานอล และ (b) 80% อะซิโตนไนโตรล์ โดยที่ในรูป a1 และ b1 ใช้คอลัมน์ ODS100 (ยาว 40 cm) และ ODS200 (ยาว 30 cm) และสารทดสอบเป็น โทลูอิน (สัญลักษณ์โปร่ง) และเฮกซิลเบนซีน (สัญลักษณ์ทึบ) ส่วนรูป a2, a3, b2 และ b3 ใช้คอลัมน์ ODS200 (ยาว 40 cm) และ ODM200 (40 cm) และสารทดสอบเป็น โทลูอิน (a2, b2) และเพนทิลเบนซีน (a3, b3)	22
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log k$ กับ z ที่ใช้เฟสเคลื่อนที่ ($u = 1.0$ mm/s) ที่เป็น (a) 80% เมทานอล และ (b) 80% อะซิโตนไนโตรล์ สำหรับคอลัมน์ ODS100, ODS200 และ ODM200	23
2.7	van Deemter plot สำหรับคอลัมน์ ODS100 และ ODS200 ยาว 40 cm ที่ใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 80% เมทานอล และ (b) 80% อะซิโตนไนโตรล์ โดยที่สารทดสอบเป็นยูราซิล (a1, b1), โทลูอิน (a2, b2), เฮกซิลเบนซีน (a3, b3)	24
2.8	van Deemter plot สำหรับคอลัมน์ ODS200 ยาว 40 cm และ ODM200 ยาว 30 cm ที่ใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 80% เมทานอล และ (b) 80% อะซิโตนไนโตรล์ โดยที่สารทดสอบเป็นยูราซิล (a1, b1), โทลูอิน (a2, b2), เพนทิลเบนซีน (a3, b3)	25
2.9	โครมาโทแกรมการแยกสารมาตรฐานของ phenoxy acids และ acidic herbicides ด้วย conventional HPLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น อะซิโตนไนโตรล์:สารละลาย	27

- กรดอะซิติกที่ pH 2.5 (B :A) ด้วย gradient profile ที่ช่วงเวลาต่างๆปรับ % B ดังนี้ 0-1.5 นาที (15% B), 2.0 นาที (20% B), 8 นาที (30% B), 18 นาที (35% B), 22 นาที (38% B), 25-30 นาที (60% B) ภาวะอื่นของ HPLC: เครื่อง HPLC Agilent 1100 series, คอลัมน์ เป็น eclipse XDB-C8 ขนาด 5 μ m, 4.6 mm), อุณหภูมิ 30 °C, อัตราไหล 1 mL/min, ตรวจวัดด้วย UV photodiode array และแสดงผลที่ความยาวคลื่น 280 nm, ปริมาณสารที่ฉีด 10 μ L
- 2.10 โครมาโทแกรมการแยกสารมาตรฐานของ phenoxy acids และ acidic herbicides 27
บางชนิดด้วย conventional HPLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น เมทานอล: สารละลาย กรดอะซิติกที่ pH 2.5 (B:A) ด้วย gradient profile ที่เวลาต่างๆปรับ % B ดังนี้ 0-2 นาที (20% B), 4 นาที (40% B), 12 นาที (50% B), 12.1-35 นาที (55% B)
- 2.11 โครมาโทแกรมของ phenoxy acid herbicides ด้วย μ HPLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ 29
เป็น 0.1% formic acid ในน้ำ:0.1% formic acid ในเมทานอล (A:B) ด้วย gradient elution ดังนี้ a) 20-80%B (0-40 min) และ b) 45-44%B (0-3 min), 55%B (3-25 min), 55-60%B (25-26 min), 60%B (26-30 min), 60-80%B (30-35 min), 80%B (35-40 min) ภาวะอื่นๆ : คอลัมน์ ODS200a (ยาว 40 cm) และอัตราไหล 0.351 mL/min ($u = 2.5$ mm/s และ split ratio ประมาณ 75:1) และตรวจวัดที่ความยาว คลื่น 280 nm
- 2.12 โครมาโทแกรมของ phenoxy acid herbicides ด้วย μ HPLC โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ 30
เป็น 0.1% กรดฟอร์มิกในน้ำ:0.1% กรดฟอร์มิกในอะซิโตไนไตรล์ (A:B) ด้วย gradient elution ดังนี้ a) 20-80%B (0-40 min) และ b) 32-40%B (0-3 min), 40%B (3-18 min), 40-42%B (18-19 min), 42%B (19-25 min), 42-60%B (25-30 min) และ 60%B (30-40min) ภาวะอื่นๆ : คอลัมน์ ODS200 (ยาว 40 cm) และ อัตราไหล 0.369 mL/min ($u = 2.5$ mm/s และ split ratio 78:1) และตรวจวัดที่ ความยาวคลื่น 280 nm
- 2.13 โครมาโทแกรมของ BADGE, BFDGE และอนุพันธ์ ด้วย μ HPLC โดยใช้ภาวะ 31
แยกดังนี้: เฟสเคลื่อนที่เป็น น้ำ:เมทานอล (A:B) ด้วย gradient elution ดังนี้ 50%B (0-25 min), 50-80%B (25-45 min)
ภาวะอื่นๆ : คอลัมน์ ODS200 ยาว 40 cm และอัตราไหล 0.426 mL/นาที ($u = 2.5$ mm/s และ split ratio ประมาณ 90:1) และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 nm
- 2.14 โครมาโทแกรมของ BADGE, BFDGE และอนุพันธ์ด้วย μ HPLC โดยใช้ 31
ภาวะการแยกดังนี้: เฟสเคลื่อนที่เป็น น้ำ:อะซิโตไนไตรล์ (A:B) ด้วย gradient elution ดังนี้ 40-50%B (0-2 min), 50 (2-3 min), 50-60%B (3-5 min), 60%B (5-

- 15 min) ภาวะอื่นๆ : คอลัมน์ ODS200b (ยาว 40 cm) และอัตราไหล 0.344 mL/min ($u = 2.5$ mm/s และ split ratio ประมาณ 73:1) และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 nm
- 3.1 โครมาโทแกรมของ monohalogenated benzenes และ monoalkylbenzenes โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN และภาวะอื่นๆ ได้แก่ $u = 1.0$ mm/s ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 214 nm และควบคุมอุณหภูมิที่ 30 $^{\circ}$ C 40
 - 3.2 ค่ารีเทนชันแฟกเตอร์ของ chlorobenzene และ toluene ในเฟสเคลื่อนที่ที่มีอัตราส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ในช่วง 50-80% โดย a) MeOH และ b) ACN บนคอลัมน์ ODM และ ODS 41
 - 3.3 ค่า $\log k$ ของ monosubstituted benzenes บนคอลัมน์ ODM เทียบกับค่า $\log k$ ของสารบนคอลัมน์ ODS และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 41
 - 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \alpha(\text{CH}_2)$ กับ % organic solvent ในเฟสเคลื่อนที่ในช่วง 50-80% 41
 - 3.5 อัตราส่วน selectivity ของสารบน ODM เทียบกับ ODS โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ที่มีอัตราส่วนของ organic solvent ในช่วง 50-80% โดย a) MeOH และ b) ACN ซึ่งจุดที่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างสารทดสอบที่เป็นอัลคิลเบนซีนที่มีหมู่ CH_2 ต่างกัน 1 หน่วย และ จุดโปร่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสารทดสอบที่เป็นเฮโลเจนเบนซีนเทียบกับโทลูอิน 43
 - 3.6 โครมาโทแกรมของ dihalogenated benzenes และ dialkylbenzenes โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 44
 - 3.7 ค่า $\log k$ ของ disubstituted benzenes บนคอลัมน์ ODM เทียบกับค่า $\log k$ ของสารบนคอลัมน์ ODS และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 45
 - 3.8 โครมาโทแกรมของ chlorophenols ทั้งหมด 17 ชนิด โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 46
 - 4.1 กราฟแสดงค่า $\log k$ (a และ c) และ I (b และ d) ของสารประกอบเบนซีนที่มีหมู่แทนที่สองหมู่ที่ได้จาก MEEKC เปรียบเทียบกับ MEKC 54
 - 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า I จากการทำนายและการทดลองของอนุพันธ์เบนซีนที่มีหมู่ 58

- 15 min) ภาวะอื่นๆ : คอลัมน์ ODS200b (ยาว 40 cm) และอัตราไหล 0.344 mL/min ($u = 2.5$ mm/s และ split ratio ประมาณ 73:1) และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 nm
- 3.1 โครมาโทแกรมของ monohalogenated benzenes และ monoalkylbenzenes โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN และภาวะอื่นๆ ได้แก่ $u = 1.0$ mm/s ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 214 nm และควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C 40
 - 3.2 ค่ารีเทนชันแฟกเตอร์ของ chlorobenzene และ toluene ในเฟสเคลื่อนที่ที่มีอัตราส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ในช่วง 50-80% โดย a) MeOH และ b) ACN บนคอลัมน์ ODM และ ODS 41
 - 3.3 ค่า $\log k$ ของ monosubstituted benzenes บนคอลัมน์ ODM เทียบกับค่า $\log k$ ของสารบนคอลัมน์ ODS และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 41
 - 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \alpha(\text{CH}_2)$ กับ % organic solvent ในเฟสเคลื่อนที่ในช่วง 50-80% 41
 - 3.5 อัตราส่วน selectivity ของสารบน ODM เทียบกับ ODS โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ที่มีอัตราส่วนของ organic solvent ในช่วง 50-80% โดย a) MeOH และ b) ACN ซึ่งจุดนี้เป็นารเปรียบเทียบระหว่างสารทดสอบที่เป็นอัลคิลเบนซีนที่มีหมู่ CH_2 ต่างกัน 1 หน่วย และ จุดประสงค์เป็นการเปรียบเทียบระหว่างสารทดสอบที่เป็นแฮโลเจนเบนซีนเทียบกับโทลูอิน 43
 - 3.6 โครมาโทแกรมของ dihalogenated benzenes และ dialkylbenzenes โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 44
 - 3.7 ค่า $\log k$ ของ disubstituted benzenes บนคอลัมน์ ODM เทียบกับค่า $\log k$ ของสารบนคอลัมน์ ODS และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 45
 - 3.8 โครมาโทแกรมของ chlorophenols ทั้งหมด 17 ชนิด โดยใช้คอลัมน์ ODM และ ODS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 μ m ยาว 28 cm และใช้เฟสเคลื่อนที่ที่เป็น (a) 70% MeOH และ (b) 70% ACN 46
 - 4.1 กราฟแสดงค่า $\log k$ (a และ c) และ I (b และ d) ของสารประกอบเบนซีนที่มีหมู่แทนที่สองหมู่ที่ได้จาก MEEKC เปรียบเทียบกับ MEKC ~~58~~ 54
 - 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า I จากการทำนายและการทดลองของอนุพันธ์เบนซีนที่มีหมู่ 58

- แทนที่สองหมู่ต่างกัน (เส้นตรงปะแสดงสมการ $Y = X$)
- 5.1 แบบจำลองทางทฤษฎีของ α_{MEKC} ที่ได้จากการทำนายสำหรับสารที่มีประจุสองตัว 70
คำนวณโดยใช้สมการที่ 5.7 และข้อมูลในตารางที่ 5.1 ตัวแปร a-e แทนค่าของ α_k สำหรับ (a) 1.2, 1.4, 1.7, 2.2 และ 3.3 ตามลำดับ (b) 1.0, 1.2 และ 1.5 ตามลำดับ และ (c) 1.0, 1.6, 3.2, 4.8 และ 6.4 ตามลำดับ
 - 5.2 อิเล็กโตรฟีโรแกรมของพาราเบนภายใต้ภาวะ (a) 0 CZE, (b) 20, (c) 40, และ 60 72
mM SDS ใน 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ที่ปรับ pH ด้วย 1.0 M NaOH ภาวะอื่น ๆ ของ CE: uncoated fused-silica capillary 50 μm i.d. $\times$ 40.2 cm (30 cm ถึงเครื่องตรวจวัด) อุณหภูมิคอลัมน์ 25 $^{\circ}\text{C}$, ศักย์ไฟฟ้า 15 kV, ตรวจวัดที่ 220 nm การบรรจุสารแบบอัดความดัน 0.5 psi เป็นเวลา 3 วินาที
 - 5.3 α_{MEKC} ที่ได้จากการทดลอง (สัญลักษณ์) และจากการทำนาย (เส้นทึบ) สำหรับสาร 74
ที่มีประจุสองตัวใน MEKC (a) ที่ [SDS] ต่าง ๆ (b) ที่ค่า k_1 ต่าง ๆ สำหรับค่าที่ได้จากการทำนายคำนวณโดยใช้สมการที่ 5.7 และข้อมูลในตารางที่ 5.2
 - 6.1 แบบจำลองของค่าจำเพาะการแยกด้วย CD-EKC สำหรับสารที่มีประจุ ซึ่ง 84
คำนวณได้จากสมการที่ 6.2 และข้อมูลต่างๆ ในตารางที่ 6.1 และ a ถึง e หมายถึง ค่า binding selectivity (κ) สำหรับรูป (A) มีค่าเท่ากับ 1.2, 2.4, 3.5, 4.9 และ 6.8 ตามลำดับ, รูป (B) มีค่าเท่ากับ 1.1, 1.4 และ 2.0 ตามลำดับ และรูป (C) มีค่าเท่ากับ 1.25, 2.3, 3.5, 4.8 และ 6.2 ตามลำดับ
 - 6.2 อิเล็กโตรฟีโรแกรมของอนุพันธ์กรดเบนโซอิกและกรดฟีนอกซี โดยใช้บัฟเฟอร์ 87
ที่ประกอบด้วย (A) 0 mM (CZE), (B) 2 mM และ (C) 12 mM β -CD ใน 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ที่ pH 9.2 และภาวะอื่นๆ ของ CE ประกอบด้วย uncoated fused-silica capillary ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 μm ความยาว 40.2 cm (30 cm ถึงเครื่องตรวจวัด), ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 $^{\circ}\text{C}$, ศักย์ไฟฟ้า 15 kV, ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 214 nm และบรรจุสารด้วยความดัน 0.5 psi เป็นเวลา 3 วินาที
 - 6.3 ค่าจำเพาะการแยกสารด้วย CD-EKC ที่ได้จากการทดลอง (สัญลักษณ์) และที่ได้ 89
จากการทำนาย (เส้น) สำหรับการแยกสารที่มีประจุด้วย β -CD ช่วงความเข้มข้น 0-16 mM ที่ (A) $K_2\text{C}$ ต่างๆ และ (B) ความเข้มข้น β -CD ต่างๆ โดยค่าที่ได้จากการทำนายได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ 6.2
 - 7.1 อิเล็กโตรฟีโรแกรมของอนุพันธ์ benzoic acid ที่มีหมู่แทนที่เป็นคลอโรหรือ 96
เมทิลในแต่ละไอโซเมอร์ ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CZE ที่มี BGE ประกอบด้วย 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 และไม่มีการเติมตัวทำลายอินทรีย์

- 7.2 ผลของตัวทำละลายอินทรีย์ MeOH ต่อ α และ R_s ของ C^- และ M^- ใน CZE (A1, B1) และ MEKC (A2, B2): (A1) mobility selectivity in CZE (α_{CZE}), (B1) resolution in CZE ($R_{s, CZE}$), (A2) mobility selectivity in MEKC (α_{MEKC}) and (B2) resolution in MEKC ($R_{s, MEKC}$) โดย BGE ใน CZE ประกอบด้วย 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 และ MEKC ประกอบด้วย 40 mM SDS และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 98
- 7.3 การแยก C^- และ M^- ทุกไอโซเมอร์ในคราวเดียวกันด้วยเทคนิค CE แบบต่างๆ: (A) CZE ประกอบด้วย 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (B) MEKC ประกอบด้วย 40 mM SDS และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (C) CD-EKC ประกอบด้วย 20 mM α -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (D) CD-EKC ประกอบด้วย 16 mM β -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, และ (E) CD-EKC ประกอบด้วย 5 mM DM- β -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 สำหรับ C^-/M^- ; (F) CD-EKC ประกอบด้วย 60 mM α -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (G) CD-EKC ประกอบด้วย 12 mM β -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, และ (H) CD-EKC ประกอบด้วย 40 mM DM- β -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 สำหรับ DC^-/DM^- [2,3DC $^-$ (1C), 2,4DC $^-$ (2C), 2,5DC $^-$ (3C), 2,6DC $^-$ (4C), 3,4DC $^-$ (5C), 3,5DC $^-$ (6C), 2,3DM $^-$ (1M), 2,4DM $^-$ (2M), 2,5DM $^-$ (3M), 2,6DM $^-$ (4M), 3,4DM $^-$ (5M), 3,5DM $^-$ (6M)] 104
- 7.4 สูตรโครงสร้างของสารกลุ่ม phenoxy acid herbicides 106
- 7.5 การแยก phenoxy acid herbicides ด้วยเทคนิค CE แบบต่างๆ (A) CZE ประกอบด้วย 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (B) MEKC ประกอบด้วย 40 mM SDS และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2, (C) CD-EKC ประกอบด้วย 2 mM α -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 (D) CD-EKC ประกอบด้วย 3 mM DM- β -CD และ 10 mM บอเรตบัฟเฟอร์ pH 9.2 107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	ค่า H , $\alpha(\text{CH}_2)$, และความดันในการขับเคลื่อนเฟสเคลื่อนที่	23
4.1	ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่า $\log k$ และ z ที่หาค่าได้จาก homologous series ของอัลคิลเบนซีนในเทคนิค MEEKC และ MEKC	53
4.2	ค่า $\log K_{\text{ow}}$ ที่ได้จากการทำนายและค่าอ้างอิงของอนุพันธ์เบนซีนที่มีหมู่แทนที่สองหมู่ใน MEKC และ MEEKC	56
4.3	ค่าการทดลองและการทำนายของ $\log k$ สำหรับเคอร์คูมินอย์ที่ประกอบด้วยหมู่แทนที่ R ต่างกัน ($-\text{OCH}_3$, $-\text{H}$)	59
4.4	ค่าการทดลองและการทำนายของ $\log k$ สำหรับ BADGE และ BADGE.HCl ที่ประกอบด้วยหมู่แทนที่ R ต่างกัน	60
5.1	แสดง แบบจำลองทางทฤษฎี ของ separation selectivity ใน MEKC (α_{MEKC})	68
5.2	Mobility selectivity (α_{CZE}), retention selectivity (α_k), retention factor (k_1), selectivity ratio (ρ), และชนิดของแบบจำลอง α_{MEKC}	73
6.1	ประเภทของแบบจำลองของ α_{CD}	83
6.2	ความสามารถในการเคลื่อนที่ทางไฟฟ้าของสาร (μ , $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$), ค่าจำเพาะการแยกใน CZE (α_{CZE}), binding constant (K , M^{-1}), binding selectivity (κ), selectivity ratio (ρ), อัตราส่วนของ $\mu_{0,2}/\mu_{\infty,2}$ (β), อัตราส่วนของ $\mu_{\infty,1}/\mu_{\infty,2}$ (γ) และแบบของแบบจำลอง α_{CD} สำหรับสารทดสอบ	88
7.1	Mobilities (μ), mobility selectivities (α_{CZE} หรือ α_{MEKC}) และ retention selectivities (α_k) สำหรับ C^- , M^- , DC^- และ DM^- ใน CZE และ MEKC ที่ไม่มีการเติมตัวทำละลายอินทรีย์	97
7.2	Mobilities (μ), binding constants (K), binding selectivities (κ), mobility selectivities ที่มากที่สุด ($\alpha_{\text{m,CD,max}}$) สำหรับ C^-/M^- , DC^-/DM^- , 2,4-DB/MCPB และ 2,4-D/MCPA ใน CD-EKC	102

สัญลักษณ์และคำย่อ

$\Delta\mu$	ความแตกต่างของค่า μ ของสาร
ΔP	ความดันในการขับเคลื่อนเฟสเคลื่อนที่ (back pressure)
α	Selectivity
α_{CD}	mobility selectivity ใน CD-EKC
α_{CZE}	mobility selectivity ใน CZE
α_k	retention selectivity
α_{MEKC}	mobility selectivity ใน MEKC
$\alpha(CH_2)$	methylene selectivity
α_m	mobility selectivity
β	อัตราส่วนของ $\mu_{0,1}/\mu_{mc}$
β_2	อัตราส่วนของ $\mu_{0,2}/\mu_{\infty,2}$
γ	อัตราส่วนของ $\mu_{\infty,1}/\mu_{\infty,2}$
K	CD binding selectivity
μ	ความสามารถในการเคลื่อนที่ทางไฟฟ้า (electrophoretic mobility)
μ_{∞}	ความสามารถในการเคลื่อนที่ทางไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารกับ CD
μ°	ความสามารถในการเคลื่อนที่ทางไฟฟ้าที่ความแรงของไอออนิกใกล้ศูนย์ (absolute electrophoretic mobility)
μ_0	ความสามารถในการเคลื่อนที่ทางไฟฟ้าของสารใน CZE หรือภาวะที่ไม่มี CD
μ_{eff}	effective electrophoretic mobility
μ_{eo}	ความสามารถในการเคลื่อนที่ของอิเล็กโทรออสโมซิส (electroosmotic mobility)
$\mu HPLC$	micro high-performance liquid chromatography
v_{eo}	ความเร็วอิเล็กโทรออสโมซิส
v_{mc}	ความเร็วของไมเซลล์
C	ความเข้มข้นของ CD ที่ไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ภาวะสมดุล
H	ความสูงของเพลตเชิงทฤษฎี (total theoretical plates height)
I	รีเทนชันอินเดก
k	รีเทนชันแฟกเตอร์ (retention factor)
K	ค่าคงที่ของการกระจาย (distribution constant)
K	binding constant ระหว่างสารกับ CD
K_{ow}	ค่าคงที่การกระจายตัวของออกทานอล-น้ำ
L	ความยาวคอลัมน์

N	ประสิทธิภาพการแยกของสาร (efficiency หรือ theoretical plates)
$\bar{N}$	ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของพีค (peak efficiency)
R_s	ค่าการแยกของสาร (resolution)
t_{eo}	ไมเกรชันไทม์ของ EOF marker
t_m	ไมเกรชันไทม์ของสาร
t_{mc}	ไมเกรชันไทม์ของเฟสคงที่เทียม marker
t_o	รีเทนชันไทม์ของ unretained compound
t_R	รีเทนชันไทม์ (retention time) ของสาร
u	ความเร็วเชิงเส้น (linear velocity)
V_{aq}	ปริมาตรของเอควิวสเฟส
V_m	ปริมาตรของเฟสคงที่เทียม
z	จำนวนคาร์บอนในสายโซ่ตรงของอัลคิลเบนซีน
2,4-D	2,4-dichlorophenoxyacetic acid
2,4-DB	4-(2,4-dichlorophenoxy) butyric acid
2,4,5-T	(2,4,5-trichlorophenoxy) acetic acid
ACN	acetonitrile
AFF	acifluorfen
AIBN	α, α' -azobis-isobutyronitrile
BADGE	bisphenol-A-diglycidyl ether
BFDGE	bisphenol-F-diglycidyl ether
BGE	background electrolyte
BZ	alkylbenzene
CD	cyclodextrin
CD-EKC	cyclodextrin electrokinetic chromatography
CE	capillary electrophoresis
CPR	clopyralid
CZE	capillary zone electrophoresis
CEKC	capillary electrokinetic chromatography
CMC	critical micellar concentration
DB	1-phenyldodecane
DCB	dicamba
DM- β -CD	dimethyl- β -cyclodextrin

EKC	electrokinetic chromatography
EOF	electroosmotic flow
FXP	fluroxypyr
HPLC	high-performance liquid chromatography
LC	liquid chromatography
MCPA	4-Chloro-2-methylphenoxyacetic acid
MCPB	4-(2-methyl-4-chlorophenoxy) butyric acid
MEEKC	microemulsion electrokinetic chromatography
MeOH	methanol
MEKC	micellar electrokinetic chromatography
MOP	3-methacryloxypropyltrimethoxysilane
MCPP	mecoprop
MS	mass spectrometer
MTMS	methyltrimethoxysilane
ODM	มอนอลิทิกซิลิกาคอลัมน์ที่ปรับปรุงผิวของเฟสคงที่ด้วย poly(octadecyl methacrylate)
ODS	มอนอลิทิกซิลิกาคอลัมน์ที่ปรับปรุงผิวของเฟสคงที่ด้วย ODS-DEA
ODS-Cl	octadecyldimethyl-chlorosilane
ODS-DEA	octadecyldimethyl- <i>N,N</i> -diethylaminosilane
PCR	picloram
PEG	poly(ethyleneglycol)
PSP	pseudo-stationary phase
QCR	quinclorac
RPLC	reversed-phase liquid chromatography
RSD	ค่าส่วนเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ (relative standard deviation)
SDS	sodium dodecyl sulfate
TCP	triclopyr
TMOS	tetramethoxysilane