

5

การปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ของพาราควอตโดยใช้เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี



นางสาว จารุภา ปองเงิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
ภาควิชา เคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-286-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012128

The Improvements on the Quantitative Analysis of
Paraquat by the Spectrophotometric Technique



Miss Jarupa Pongngern

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemistry

Graduate School
Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-567-286-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ปริมาณของพาราควอต โดยใช้เทคนิคทาง
สเปกโตรโฟโตเมตรี


โดย นางสาว จารุภา ปองเงิน

ภาควิชา เคมี

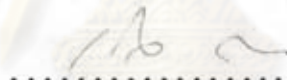
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์

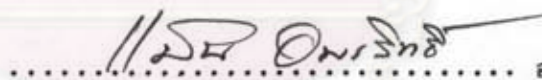



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรไวย)

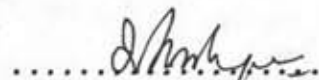
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิต สิริสุนทร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์)


..... กรรมการ
(ดร. นพ อุดตราชิรัมย์สุข)


..... กรรมการ
(ดร. สิทธิชัย สิทธิทัศน์ไพบูลย์)


..... กรรมการ
(คุณมณฑิพย์ ทานุกานอน)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ปริมาณของพาราควอทโดยใช้เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี
ชื่อนิสิต	นางสาว จารุภา ปองเงิน
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2529



บทคัดย่อ

การทำให้สารละลายพาราควอทเข้มข้น 0.01-1.00 ppm เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ด้วยสารละลายไดไฮโอไดไนต์นั้น พบว่าควรใช้สารละลายไดไฮโอไดไนต์เข้มข้น 0.20% (น.น./ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จึงจะเหมาะสมทำให้ได้สารละลายสีน้ำเงินที่เสถียรและให้ค่าแอมพอร์แบนซ์สูงสุด ที่ความยาวคลื่น 396 nm. ทั้งนี้การผสมสารละลายจะต้องใช้ความระมัดระวังและไม่เขย่า เทคนิคการวิเคราะห์พาราควอทนี้ให้ความถูกต้องและแม่นยำดี สำหรับการแยกและการทำให้พาราควอทบริสุทธิ์จากตัวอย่างดินและน้ำได้ใช้ Ion-Exchange Chromatography Techniques กับเรซิน Dowex 50w-x8 ขนาด 100-200 เมช, Duolite C-225 SRC 14 ขนาด 50-100 เมช, Amberlite IR-120 (Na) ขนาด 14-52 เมช และคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) พบว่าเรซิน Dowex 50w-x8 และ Duolite C-225 SRC 14 ให้ผลการวิเคราะห์ดี และให้ detection limit ในการวิเคราะห์พาราควอทในดินและน้ำ เป็น 0.16 ไมโครกรัม/กรัม และ 0.002 ppm กับ 0.20 ไมโครกรัม/กรัม และ 0.0008 ppm ตามลำดับ ส่วนเรซิน Amberlite IR-120 (Na) และคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) ให้ผลการวิเคราะห์พาราควอทในดินไม่ดี แต่คอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) ใช้ได้ดีกับตัวอย่างน้ำโดยให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องและรวดเร็ว สำหรับวิธีวิเคราะห์พาราควอทที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้ ให้นำไปใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งธรรมชาติ ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจและรายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ได้เสนอไว้ด้วย

Thesis Title The Improvements on the Quantitative Analysis of
 Paraquat by the Spectrophotometric Technique

Name Miss Jarupa Pongngern

Thesis Advisor Associate Professor Maen Amorasit

Department Chemistry

Academic Year 1986



ABSTRACT

A stable blue color of a free radical from the reduction of paraquat in concentrations ranging from 0.01-1.00 ppm by 0.20% (wt./vol.) dithionite solution in 0.50 mol/l sodium hydroxide solution was given a maximum absorbance at a wavelength of 396 nm. The technique of mixing was cautiously done and tested with standard solutions and gave the results with high accuracy and precision. Using ion exchange chromatography, the analysis of samples in soil and water were carried out for separation and purification. Dowex 50w-x8 resin of mesh size 100-200, Duolite C-225 SRC 14 resin of mesh size 50-100, Amberlite IR-120 (Na) resin of mesh size 14-52, and prepacked column of cyano (CN) were used. Both Dowex 50w-x8 and Duolite C-225 SRC 14 gave good results, which the limit of detectability of paraquat in soil and water samples were 0.16 ug/g and 0.002 ppm, 0.20 ug/g and 0.0008 ppm respectively. However, Amberlite IR-120 (Na) and prepacked column were not applicable for soil samples. The prepacked column could be used very well in water samples with a high accuracy and fast. The modified method was tested on natural samples and gave satisfactory results. Details of analytical procedures were also illustrated



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์
แมน อมรสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคุณมณฑิพย์ ฑาบุญกานอน ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ
และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และ เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับมาจากคณะกรรมการ
ปฏิบัติการปฏิบัติการกิจการวิจัยทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึง
ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และ
เพื่อน ๆ ผู้ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมา จนสำเร็จการศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ท
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 มูลเหตุจูงใจ	1
1.2 เทคนิคในการทำให้สารกำจัดวัชพืชบริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้น	3
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	7
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยย่อ	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
1.6 การจำแนกสารกำจัดวัชพืชตามองค์ประกอบทางเคมี	8
1.7 ลักษณะการใช้พาราควอตในการเกษตร	10
2. ทฤษฎี	11
2.1 ประวัติความเป็นมา	11
2.2 การสังเคราะห์พาราควอต	12
2.3 สมบัติทางกายภาพของพาราควอต	13
2.4 สมบัติทางเคมีของพาราควอต	14
2.4.1 ปฏิกริยารีดักชั่น	14
2.4.2 ปฏิกริยาการสลายตัวของพาราควอต	18
2.4.2.1 ปฏิกริยาการสลายตัวทางเคมี	18
2.4.2.2 ปฏิกริยาการสลายตัวด้วยแสง	19
2.4.2.3 ปฏิกริยาการสลายตัวด้วยจุลินทรีย์	21

บทที่	หน้า
2.4.3 การสลายตัวของพาราควอทในพืช	22
2.5 กลไกของปฏิกิริยาการทำลายวัชพืชของพาราควอท	22
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีของพาราควอทกับ แอกติวิตีในการกำจัดวัชพืช	27
2.7 ลักษณะที่สำคัญเฉพาะตัวของสารในกลุ่มไฮโดรตีเนียม ในการมี แอกติวิตีเพื่อกำจัดวัชพืช	29
2.8 การตกค้างของพาราควอทในสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษ	30
2.8.1 การตกค้างในดิน	30
2.8.2 การตกค้างในพืชผักผลไม้	30
2.8.3 การตกค้างในน้ำ	30
2.8.4 การตกค้างในน้ำนม	30
2.8.5 การสลายตัวและการดูดซับพาราควอทในสัตว์	30
2.8.6 ความเป็นพิษของพาราควอทต่อคนและสัตว์	31
2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณของพาราควอทที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม	31
3. การทดลองและผลการทดลอง	33
3.1 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	34
3.2 การศึกษาเทคนิคและหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดไฮ- ไฮไดรด์ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับพาราควอทที่มีความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน	35
3.2.1 การเตรียมสารละลายพาราควอทมาตรฐาน (stock solution)	35
3.2.2 การเตรียมสารละลายพาราควอทมาตรฐานความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน	35
3.2.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมไดไฮไดรด์ความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน	35

บทที่

หน้า

3.2.4	การศึกษา UV-VIS absorption spectra ของสารละลายพาราควอทและแอดีเคิลแคดไอออนของพาราควอท	36
3.2.5	การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดไฮไดรอกไซด์ที่เหมาะสมเพื่อรีดิวซ์สารละลายพาราควอทมาตรฐานด้วยเทคนิคการผสมสารละลายแบบคว่ำและหยางขวดไบนารี	39
3.2.6	การศึกษามลของการเขย่าสารละลายที่มีค่าแอมชอร์แมนซ์ของสารละลายพาราควอทมาตรฐานที่ถูกรีดิวซ์ด้วยสารละลายโซเดียมไดไฮไดรอกไซด์	56
3.3	การศึกษาหาปริมาณของสารละลายโซเดียมไดไฮไดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่ต้องใช้ในการรีดิวซ์สารละลายพาราควอทมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	62
3.4	การหาประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เมื่อเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง เป็นเวลาต่าง ๆ กัน	66
3.5	การทดสอบหา precision ของการทำปริมาณวิเคราะห์พาราควอทโดยสเปกโตรโฟโตเมตรี	70
3.6	การศึกษาค่าความแตกต่างของเทคนิคที่ใช้วัดค่าแอมชอร์แมนซ์เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณพาราควอท	72
3.6.1	การคำนวณค่าแอมชอร์แมนซ์ที่แท้จริง (A_{corr}) จาก ASTM	72
3.6.2	การคำนวณค่าแอมชอร์แมนซ์ที่แท้จริง (A_{corr}) จาก Chevron Chemical Co.	73
3.6.3	วิธีวิเคราะห์โดยทำกราฟมาตรฐานจากการวัดค่าแอมชอร์แมนซ์เพียงค่าเดียว	74
3.7	การทดสอบความเสถียรของพาราควอทมาตรฐานที่ใช้ทำ stock solution	76
3.8	การพัฒนาเทคนิคเพื่อแยกพาราควอทออกจากสิ่งปลอมปนในดินและน้ำ ตัวอย่างที่เตรียมขึ้น	79

บทที่

หน้า

3.8.1	การเตรียมคอลัมน์สำหรับทำ cation exchange chromatography	80
3.8.2	การแยกพาราควอทและการเตรียมคอลัมน์ให้สะอาด	81
3.9	การสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้หาปริมาณของสารละลายพาราควอท	95
3.10	การศึกษาหาปริมาณของ เรซินและอัตราเร็วของการชะล้างที่เหมาะสม	97
3.11	การศึกษาการแยกและการหาปริมาณพาราควอทในดิน	104
3.11.1	การเตรียมดินตัวอย่างเพื่อใช้ทดลอง	104
3.11.2	การทดลองแยก, สกัดและหาปริมาณพาราควอทในดิน	104
3.12	การศึกษาการแยกและการหาปริมาณพาราควอทในน้ำ	114
3.12.1	การเตรียมน้ำตัวอย่างเพื่อใช้ทดลอง	114
3.12.2	การทดลองแยกและหาปริมาณพาราควอทในน้ำ	114
3.13	การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ	129
3.14	การศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์สำเร็จรูป (BAKER-10 SPE)	132
3.14.1	การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายพาราควอทในการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ cyano (CN)	138
4.	อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	142
4.1	การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในดิน	152
4.2	การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในน้ำ	154
4.3	การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในน้ำโดยใช้ BAKER-10 และคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN)	155
	เอกสารอ้างอิง	158
	ประวัติผู้เขียน	163

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงผลของการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์และสารละลายไซโตเคียมไฮดรอกไซด์ที่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 0.10 ppm	42
3.2 แสดงผลของการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์และสารละลายไซโตเคียมไฮดรอกไซด์ที่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 1.00 ppm	49
3.3 ผลของการเขย่าสารละลายผสมของพาราควอตและสารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์ต่อค่าแอมชอร์แมนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm เมื่อใช้สารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 0.10 และ 1.00 ppm	58
3.4 แสดงความแตกต่างของค่าแอมชอร์แมนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 0.10 และ 1.00 ppm เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์โดยใช้เทคนิคต่างกัน	59
3.5 แสดงค่าแอมชอร์แมนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์ปริมาณต่าง ๆ กัน	64
3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมชอร์แมนซ์ เมื่อใช้สารละลายไซโตเคียมไดไฮโอไนด์ที่เก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสงที่เวลาต่าง ๆ กัน	67
3.7 แสดงอัตราการลดลงของความเข้มข้นของพาราควอต (ppm) ในเวลาต่าง ๆ กัน	69
3.8 แสดงค่าแอมชอร์แมนซ์ของสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 0.50 ppm	71
3.9 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของพาราควอตที่คำนวณได้จากวิธีการคำนวณต่าง ๆ กัน 3 วิธี	75
3.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมชอร์แมนซ์ของสารละลายพาราควอตที่เตรียมจาก stock solution	77

ตารางที่	หน้า
3.11 แสดงปริมาณของสารละลายอิมิดัวแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ชะล้างพาราควอตออกจากคอลัมน์ของเรซิน Dowex 50w-x8 ได้หมด	93
3.12 แสดงปริมาณของสารละลายอิมิดัวแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ชะล้างพาราควอตออกจากคอลัมน์ของเรซิน Duolite C-225 SRC 14 ได้หมด	93
3.13 แสดงปริมาณของสารละลายอิมิดัวแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ชะล้างพาราควอตออกจากคอลัมน์ของเรซิน Amberlite IR-120 (Na) ได้หมด	94
3.14 แสดงค่าแอมซอร์เบ้นซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายพาราควอตมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อใช้เซลล์ควอทซ์กว้าง 5.00 ซม.	96
3.15 แสดงเปอร์เซ็นต์ของการแยกพาราควอตมาตรฐานเมื่อใช้เรซินซึ่งมีปริมาณและอัตราเร็วของการชะล้างต่าง ๆ กัน	99
3.16 แสดงประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตออกจากดินตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Dowex 50w-x8	106
3.17 แสดงประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตออกจากดินตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Duolite c-225 SRC 14	109
3.18 แสดงค่าแอมซอร์เบ้นซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายที่ได้จากการแยกพาราควอตออกจากดินตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Dowex 50w-x8 และ Duolite C-225 SRC 14	111
3.19 แสดงประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Dowex 50w-x8	115
3.20 แสดงค่าแอมซอร์เบ้นซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายที่ได้จากการแยกพาราควอตจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Dowex 50w-x8	118
3.21 แสดงเปอร์เซ็นต์การแยกพาราควอตจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Duolite C-225 SRC 14	119
3.22 แสดงค่าแอมซอร์เบ้นซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายที่ได้จากการแยกพาราควอตจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Duolite	

ตารางที่	หน้า
C-225 SRC 14	122
3.23 แสดงประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้ เรซิน Amberlite IR-120 (Na)	123
3.24 แสดงค่าแอมซอร์เบนต์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลายที่ ได้จากการแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้เรซิน Amberlite IR-120 (Na)	126
3.25 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอตในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ	130
3.26 แสดงค่าแอมซอร์เบนต์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ของสารละลาย พาราควอตมาตรฐานความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เซลล์ควอทซ์ ขนาด 5.00 ซม.	139
3.27 แสดงเปอร์เซ็นต์ของการแยกของสารละลายพาราควอตความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน ภายหลังจากแยกด้วยคอลัมน์ cyano (CN)	140


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดง UV-VIS Absorption spectra ของสารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 1.00 ppm	17
2.2 แสดง Absorption complex ที่มีโครงสร้างเป็น "biscuit-like crystallites"	21
2.3 แสดงแผนภาพของ Redox potential ของการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสงของคลอโรพลาสต์	23
2.4 แสดงแผนภาพขบวนการหายใจภายในเซลล์ของพืช	26
3.1 แสดง UV absorption spectra ของสารละลายพาราควอตเข้มข้น 1.00 ppm ในสารละลายอิมัลชันไมเนียมคลอไรด์	37
3.2 แสดง UV absorption spectra ของสารละลายพาราควอตเข้มข้นต่าง ๆ กันภายหลังการรีดิวซ์ด้วยไดโอดีไอโอดีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	38
3.3 แสดง Absorption spectra ของสารละลายพาราควอตมาตรฐาน 1.00 ppm ภายหลังรีดิวซ์ด้วยสารละลายโซเดียมไดโอดีไอโอดีนที่เข้มข้นต่าง ๆ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นต่าง ๆ กันด้วย ...	40
3.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าแอมชอร์แมนซ์ในเวลา 10 นาที กับความเข้มข้นของโซเดียมไดโอดีไอโอดีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นต่าง ๆ กัน ในการใช้รีดิวซ์สารละลายพาราควอตมาตรฐานชั้น 0.10 ppm จำนวน 20.00 cm ³	46
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมชอร์แมนซ์ที่วัดได้ทันทีและภายหลัง 10 นาที กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไดโอดีไอโอดีนเข้มข้นต่าง ๆ กัน ในการใช้รีดิวซ์สารละลายพาราควอตมาตรฐานเข้มข้น 0.10 ppm จำนวน 20.00 cm ³	48

3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมชอร์แมนซ์ในเวลา 10 นาที กับความเข้มข้นของไซโตไคน์ในสารละลายไซโตโครอกไซด์เข้มข้นต่าง ๆ ในการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตมาตรฐานชั้น 1.00 ppm จำนวน 20.00 cm³ 53

3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมชอร์แมนซ์ที่วัดได้ทันทีและภายหลัง 10 นาที กับความเข้มข้นของสารละลายไซโตโครอกไซด์เมื่อใช้สารละลายไซโตไคน์เข้มข้นต่าง ๆ กัน ในการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตมาตรฐานชั้น 1.00 ppm จำนวน 20.00 cm³ 55

3.8 แสดงความแตกต่างของค่าแอมชอร์แมนซ์เมื่อใช้สารละลายไซโตโครอกไซด์เข้มข้นต่าง ๆ ที่มีสารละลายไซโตไคน์ชั้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) รีดิวซ์สารละลายพาราควอตมาตรฐานด้วยเทคนิคต่างกัน 60

3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมชอร์แมนซ์กับปริมาตรของสารละลายไซโตไคน์ 65

3.10 แสดงความเปลี่ยนแปลงของค่าแอมชอร์แมนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm เมื่อใช้สารละลายไซโตไคน์ที่เก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีการที่เวลาต่าง ๆ กัน 68

3.11 แสดงความเปลี่ยนแปลงของค่าแอมชอร์แมนซ์ของสารละลายพาราควอตความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมจาก stock solution ซึ่งเก็บไว้ในที่มีแสงที่เวลาต่าง ๆ กัน 78

3.12 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วยเรซิน Dowex 50w-x8 (อัตราเร็วของการชะล้าง 0.50 cm³/นาที) 83

3.13 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วยเรซิน Dowex 50w-x8 (อัตราเร็วของการชะล้าง 1.00 cm³/นาที) 84

3.14 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วยเรซิน Dowex 50w-x8 (อัตราเร็วของการชะล้าง 5.00 cm³/นาที) 85

3.15 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วยเรซิน Duolite C-225 SRC 14 (อัตราเร็วของการชะล้าง 0.50 cm³/นาที) 86

รูปที่	หน้า
3.16 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วย เรซิน Duolite C-225 SRC 14 (อัตราเร็วของการชะล้าง 1.00 cm ³ /นาที)	87
3.17 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วย เรซิน Duolite C-225 SRC 14 (อัตราเร็วของการชะล้าง 5.00 cm ³ /นาที)	88
3.18 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วย เรซิน Amberlite IR-120 (Na) (อัตราเร็วของการชะล้าง 0.50 cm ³ /นาที)	89
3.19 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วย เรซิน Amberlite IR-120 (Na) (อัตราเร็วของการชะล้าง 1.00 cm ³ /นาที)	90
3.20 แสดง Elution pattern ของการแยกพาราควอตด้วย เรซิน Amberlite IR-120 (Na) (อัตราเร็วของการชะล้าง 5.00 cm ³ /นาที)	91
3.21 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายพาราควอตความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เซลล์ควอทซ์กว้าง 5.00 ซม.	97
3.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของการแยกกับน้ำหนักของ เรซิน Dowex 50w-x8 เมื่อใช้อัตราการชะล้างและปริมาณของ พาราควอตที่เติมลงไปต่าง ๆ กัน	101
3.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของการแยกกับน้ำหนักของ เรซิน Duolite C-225 SRC 14 เมื่อใช้อัตราการชะล้างและปริมาณของ พาราควอตที่เติมลงไปต่าง ๆ กัน	102
3.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของการแยกกับน้ำหนักของ เรซิน Amberlite IR-120 (Na) เมื่อใช้อัตราการชะล้างและปริมาณของ พาราควอตที่เติมลงไปต่าง ๆ กัน	103
3.25 Absorption spectra ที่ได้จากการสกัดดินที่มีพาราควอตอยู่ 1.00 ไมโครกรัม/กรัม ด้วยเรซิน Dowex 50w-x8	108

รูปที่	หน้า
3.26 Absorption spectra ที่ได้จากการสกัดดินที่มีพาราควอตอยู่ 2.00 ไมโครกรัม/กรัม ด้วยเรซิน Dowex 50w-x8	108
3.27 Absorption spectra ที่ได้จากการสกัดดินที่มีพาราควอตอยู่ 2.00 ไมโครกรัม/กรัม ด้วยเรซิน Duolite C-225 SRC 14	110
3.28 Absorption spectra ที่ได้จากการสกัดดินที่มีพาราควอตอยู่ 4.00 ไมโครกรัม/กรัม ด้วยเรซิน Duolite C-225 SRC 14	110
3.29 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตในดินโดยผ่านเรซิน Dowex 50w-x8 และ Duolite C-225 SRC 14 กับกราฟมาตรฐานของพาราควอตโดยไม่มีการแยกผ่านเรซิน	111
3.30 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 0.50 ppm ด้วยเรซิน Dowex 50w-x8	117
3.31 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 1.00 ppm ด้วยเรซิน Dowex 50w-x8	117
3.32 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตในน้ำโดยผ่านเรซิน Dowex 50w-x8 กับกราฟมาตรฐานของพาราควอตโดยไม่มีการแยกผ่านเรซิน	118
3.33 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 0.10 ppm ด้วยเรซิน Duolite C-225 SRC 14	121
3.34 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 1.00 ppm ด้วยเรซิน Duolite C-225 SRC 14	121
3.35 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแยกพาราควอตในน้ำโดยผ่านเรซิน Duolite C-225 SRC 14 กับกราฟมาตรฐานของพาราควอตโดยไม่มีการแยกผ่านเรซิน	122
3.36 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 0.10 ppm ด้วยเรซิน Amberlite IR-120 (Na)	125
3.37 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำที่มีพาราควอตอยู่ 1.00 ppm ด้วยเรซิน Amberlite IR-120 (Na)	125

รูปที่	หน้า
3.38 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแยกพาราควอทในน้ำผ่าน เรซิน Amberlite IR-120 (Na) กับกราฟมาตรฐานของพาราควอท โดยไม่มี การแยกผ่านเรซิน	126
3.39 แสดง Absorption spectra ของพาราควอทที่ได้จากการแยกน้ำ ตัวอย่างแหล่งที่ 4	131
3.40 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการแยกพาราควอทด้วย BAKER-10 SPE System สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ SPE	133
3.41 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำจำนวน 100.00 cm ³ ที่มีพาราควอทอยู่ 0.10 ppm ด้วยคอลัมน์ cyano (CN)	141
3.42 Absorption spectra ที่ได้จากการแยกน้ำจำนวน 100.00 cm ³ ที่มีพาราควอทอยู่ 1.00 ppm ด้วยคอลัมน์ Cyano (CN)	141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย