

การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างบางชนิดในผลิตผลทางเกษตร
โดยเทคนิคไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์รีนแลร์โครมาโทกราฟี



นางสาว อรพินท์ เจียรถาวร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-497-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017589 117 31 46 89

Analysis of Some Pesticide Residues in Agricultural Products
by High Performance Thin Layer Chromatographic Technique



Miss Orapin Chienthavorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University


1991

ISBN 974-578-497-4




หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างบางชนิดในผลิตผลทางการเกษตร
 โดยเทคนิคไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ลินแลร์โครมาโทกราฟี
 โดย นางสาว อรพินท์ เจียรถาวร
 ภาควิชา เคมี
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


 ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริ วัชรชัย)


 อาจารย์ที่ปรึกษา
 (รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์)


 กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัทยานกร)


 กรรมการ
 (ดร.สิทธิชัย สิ้นพัตน์ไพบูลย์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อรพินท์ เสียรถาวร : การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (ANALYSIS OF SOME PESTICIDE RESIDUES IN AGRICULTURAL PRODUCTS BY HIGH PERFORMANCE THIN LAYER CHROMATOGRAPHIC TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.แมน อมรสิทธิ์, 210 หน้า, ISBN 974-578-497-4

การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช อะมีทริน เบนโรโอคาร์บ คาร์โบฟูราน เมธิลพาราไรออน โมนาโครโทพอส และ เมวินฟอส ด้วยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี(HPTLC) ได้ทำการศึกษาหาโมบายเฟสที่เหมาะสมในการแยกสารเหล่านี้หลายระบบด้วยกัน ปรากฏว่าตัวทำละลายคู่ผสมของ 2-บิวทานอนกับไซโคลเฮกเซน ที่มีอัตราส่วน 1:4 โดยปริมาตรเป็นโมบายเฟสที่ดีที่สุด จากนั้นได้ทำการทดลองหาปริมาณของสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ต้องใส่ลงบนแผ่น HPTLC ขนาด 10x10 เซนติเมตร ชนิด ซิลิกา เจล ซีเอฟ 254 เพื่อให้หาขีดจำกัดการวิเคราะห์ (LOQ) ของสารแต่ละชนิด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ได้ค่า LOQ ของอะมีทริน 0.004 เมธิลพาราไรออน 0.02 โมนาโครโทพอส 0.03 เบนโรโอคาร์บ 0.06 คาร์โบฟูราน 0.24 และเมวินฟอส 0.25 ไมโครกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาความเที่ยงและความถูกต้องโดยใช้เทคนิค Internal Standardization และ External Standardization ทำการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช 6 ชนิด ปรากฏว่าได้ผลดีโดยมีค่าร้อยละของความผิดพลาดอยู่ในช่วง 2.23-9.58 สำหรับเทคนิค External Standardization และอยู่ในช่วง 2.22-5.24 สำหรับเทคนิค Internal Standardization ก่อนที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างจริง ได้ทำการศึกษาหา %Recovery โดยใช้สารมาตรฐานกับตัวอย่างข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี ทั้งใช้วิธี Non clean-up และ clean-up ด้วยการผ่านคอลัมน์ฟลอริซิล (florisil column) ปรากฏว่าได้ %Recovery ในตัวอย่างข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี เมื่อไม่มีการ clean-up เป็น 36-101, 22-89 และ 25-91 และเมื่อทำการ clean-up จะได้เป็น 64-83, 15-43 และ 48-112 ตามลำดับ สุดท้ายได้นำวิธีนี้ไปทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงของข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี ปรากฏว่าไม่พบสารดังกล่าวเลย



ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต *อรพินท์ เสียรถาวร*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *แมน อมรสิทธิ์*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อรพินท์ เสียรถาวร : การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในผลิตภัณฑ์เกษตรด้วยเทคนิคไฮเปอร์ฟอร์แมนซีนแลร์โครมาโทกราฟี (ANALYSIS OF SOME PESTICIDE RESIDUES IN AGRICULTURAL PRODUCTS BY HIGH PERFORMANCE THIN LAYER CHROMATOGRAPHIC TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.แมน อมรสิทธิ์, 210 หน้า, ISBN 974-578-497-4

การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช อะมีทริน เบนไรโอคาร์บ คาร์โบฟูราน เมธิลพาราไรออน โมโนโครโทพอล และ เมวินฟอส ด้วยเทคนิคไฮเปอร์ฟอร์แมนซีนแลร์โครมาโทกราฟี(HPTLC) ได้ทำการศึกษาหาโมบายเฟลล์ที่เหมาะสมในการแยกสารเหล่านี้หลายระบบด้วยกัน ปรากฏว่าตัวทำละลายคู่ผสมของ 2-อีวทาโนนกับไซโคลเฮกเซน ที่มีอัตราส่วน 1:4 โดยปริมาตรเป็นโมบายเฟลล์ที่ดีที่สุด จากนั้นได้ทำการทดลองหาปริมาณของสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ด้อยใส่ลงบนแผ่น HPTLC ขนาด 10x10 เซนติเมตร ชนิดซิลิกาเจล ซีเอฟ 254 เพื่อใช้หาขีดจำกัดการวิเคราะห์ (LOQ) ของสารแต่ละชนิด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ได้ค่า LOQ ของอะมีทริน 0.004 เมธิลพาราไรออน 0.02 โมโนโครโทพอล 0.03 เบนไรโอคาร์บ 0.06 คาร์โบฟูราน 0.24 และเมวินฟอส 0.25 ไมโครกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาความเที่ยงและความถูกต้องโดยใช้เทคนิค Internal Standardization และ External Standardization ทำการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช 6 ชนิด ปรากฏว่าได้ผลดีโดยมีค่าร้อยละของความผิดพลาดอยู่ในช่วง 2.23-9.58 สำหรับเทคนิค External Standardization และอยู่ในช่วง 2.22-5.24 สำหรับเทคนิค Internal Standardization ก่อนที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างจริง ได้ทำการศึกษาหา %Recovery โดยใช้สารมาตรฐานกับตัวอย่างข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี ทั้งใช้วิธี Non clean-up และ clean-up ด้วยการผ่านคอลัมน์ฟลอริซิล (florisil column) ปรากฏว่าได้ %Recovery ในตัวอย่างข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี เมื่อไม่มีการ clean-up เป็น 36-101, 22-89 และ 25-91 และเมื่อทำการ clean-up จะได้เป็น 64-83, 15-43 และ 48-112 ตามลำดับ ลุดทัยไต้หวันำวิธีนี้ไปทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างจริงของข้าวสาร ข้าวโพด และผักกระหล่ำปลี ปรากฏว่าไม่พบสารดังกล่าวเลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต อรพินท์ เสียรถาวร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.แมน อมรสิทธิ์

ORAPIN CHIENHAVORN : ANALYSIS OF SOME PESTICIDE RESIDUES IN AGRICULTURAL PRODUCTS BY HIGH PERFORMANCE THIN LAYER CHROMATOGRAPHIC TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MAEN AMORASIT, 210 PP.
ISBN 974-578-497-4

This study involved the development of analytical separation methods using high performance thin layer chromatography (HPTLC) for the determination of six pesticides namely, ametryne, benthocarb, carbofuran, methyl parathion, monocrotophos, and mevinphos. Various solvent systems were investigated as mobile phase. The system of 2-butanone : cyclohexane with a volume ratio of 1:4 was found to be the most suitable mobile phase. Consequently, experiments using different sample size were applied on 10x10 cm. silica gel 60 GF254 HPTLC plates, aiming to determine an optimal sample size and the limit of quantitation (LOQ) for the detection of each above mentioned pesticides. The absorbance of each components after the separation and the development was measured at 254 nm. The LOQ of ametryne, methyl parathion, monocrotophos, benthocarb, carbofuran, and mevinphos obtained were 0.004, 0.02, 0.03, 0.06, 0.24 and 0.25 micrograms respectively. Precision and accuracy were determined by using the internal standardization and the external standardization methods in a mixture of sample. Results were satisfactory with percent errors being in the range of 2.23-9.58 for the external standardization method, and 2.22-5.24 for the internal standardization method. Prior of using this technique for analysing pesticides in the real samples, the percent recoveries of each pesticides without cleaning up and with cleaning up by passing through the florasil column. The percent recoveries for non cleaning up in white rice seed, corn seed and cabbages were in the range of 36-101, 22-89 and 25-91 and 64-83, 15-43 and 48-112 respectively. Finally this study revealed that no pesticide residues were found in the white rice seed, corn seed and cabbages.

ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

การที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดีนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณต่อ
รองศาสตราจารย์แมน อมรสิทธิ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ
ตรวจทาน และแก้ไข ด้วยความเมตตาเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณต่อท่านคณะกรรมการทุก
ท่านที่ได้กรุณาให้ความเห็น แก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่งต่อคุณอำนวยศักดิ์ เจียรถาวร
พี่ชายที่รักยิ่ง ซึ่งได้สนับสนุนทุนจำนวนมากเพื่อส่งเสริมงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ พี่ น้อง
และเพื่อนๆ ของข้าพเจ้า ทุกๆ คนที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างดี

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบแทบเท้าพระคุณ บิดา-มารดา ผู้ให้กำลังกาย กำลังใจ สนับสนุน
สนุนข้าพเจ้าตลอดมาจนสำเร็จการศึกษาบริบูรณ์ทุกลำดับขั้น

นางสาวอรพินท์ เจียรถาวร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ต
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 มุลเหตุจูงใจ	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	6
1.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยย่อ	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.5 การจำแนกชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช	7
1.5.1 สารประกอบออร์แกโนคลอรีน	8
1.5.2 สารประกอบออร์แกโนฟอสเฟต	9
1.5.3 สารประกอบคาร์บาเมต	9
1.5.4 สารประกอบอนุพันธ์ของกรดพีนอกซีอัลคาโนอิก	10
1.5.5 สารประกอบยูเรีย	10
1.5.6 สารประกอบไตรอะซีน	10
2. ทฤษฎี	12
2.1 เทคนิคอินฟราเรดโครมาโทกราฟี	12
2.1.1 ตัวดูดซับของ TLC	13
2.1.1.1 ตัวดูดซับชนิดอินทรีย์	14
2.1.1.2 ตัวดูดซับชนิดอินทรีย์	16
2.1.1.3 ตัวดูดซับ Polyamide	18

2.1.1.4	การเปลี่ยนแปลงแก้ไขตัวดูดซับด้วยวิธีการ Impregnation	18
2.1.2	การใส่สารลงบนแผ่น TLC	19
2.1.2.1	การใส่สารตัวอย่างเป็นจุด	19
2.1.1.2	การใส่สารตัวอย่างเป็นแถบ	19
2.1.3	การเลือกโมบายเฟสใน TLC	20
2.1.4	ค่า R_f	21
2.1.5	การ development	21
2.1.5.1	Ascending Development	22
2.1.5.2	Descending Development	22
2.1.5.3	Horizontal Development	23
2.1.6	การ development เทคนิคพิเศษ	24
2.1.6.1	Continuous Development	24
2.1.6.2	Multiple Development	25
2.1.6.3	Stepwise Development	25
2.1.6.4	การแยกใน 2 ทิศทาง และ เทคนิค SRS	25
2.1.6.5	การแยกหลายทิศทาง	25
2.1.6.6	Gradient Elution	27
2.1.6.7	Gradient Layer ของ TLC	27
2.1.6.8	การใช้อุณหภูมิใน TLC	29
2.1.7	การหาตำแหน่งของสารและการตรวจวัด	29
2.1.7.1	วิธีการทางเคมีและชีวเคมี	30
2.1.7.2	วิธีการทางกายภาพ	31
2.2	เทคนิคการวิเคราะห์ไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ธินแลร์โครมาโทกราฟี ..	32
2.2.1	แผ่น HPTLC	32
2.2.2	Sample Application	33
2.2.2.1	Self-loading Capillaries	34

บทที่

หน้า

2.2.2.3	Concentration Zone	35
2.2.2.4	Spot Predevelopment	36
2.2.3	Plate Development	36
2.2.3.1	Ascending and Descending Development	37
2.2.3.2	Circular and Anticircular Development	37
2.2.3.3	Multiple and Stepwise Development .	37
2.2.3.4	Continuous Development	38
2.2.3.5	Overpressured TLC/HPTLC	38
2.2.4	Scanning Densitometer	38
2.3	การเปรียบเทียบเทคนิคอินแลร์โครมาโทกราฟีและเทคนิคไฮเปอร์ ฟอร์แมนซ์อินแลร์โครมาโทกราฟี	41
3.	การทดลองและผลการทดลอง	42
3.1	เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	42
3.2	การทำคุณภาพวิเคราะห์ของสารกำจัดศัตรูพืช ด้วยเทคนิค อินแลร์โครมาโทกราฟี(TLC)	45
3.2.1	การเตรียมแผ่น TLC	45
3.2.2	การเตรียมสารละลายมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืช เพื่อทำ คุณภาพวิเคราะห์โดยเทคนิค TLC	45
3.2.3	การ develop แผ่น TLC ด้วยโมบายเฟส ที่เป็นตัวทำละลายเดี่ยว	46
3.2.4	การ develop แผ่น TLC ด้วยโมบายเฟส ที่เป็นตัวทำละลายผสม 2 ชนิด	50
3.2.4	การ develop แผ่น TLC ด้วยโมบายเฟส ที่เป็นตัวทำละลายผสม 3 ชนิด	53
3.3	การทำคุณภาพวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช ด้วยเทคนิค ไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์อินแลร์โครมาโทกราฟี (HPTLC)	55
3.3.1	การเตรียมสารละลายมาตรฐานของสารกำจัดศัตรูพืช ..	55

บทที่

หน้า

3.3.2	การเตรียมสารละลายสารกำจัดศัตรูพืช สำหรับ การทำ คุณภาพวิเคราะห์	55
3.3.3	การเตรียมแผ่น HPTLC เพื่อทำการวิเคราะห์	55
3.3.4	การใส่สารกำจัดศัตรูพืช และการทำ development ..	56
3.3.5	การวัดความเข้มข้นของสารภายหลังจากการทำ development	56
3.4	การหาขีดจำกัดการวิเคราะห์ (Limit of Quantity) ของ สารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด	69
3.5	การหาความถูกต้อง(Accuracy)และความเที่ยง(Precision) ในการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด	71
3.5.1	การหาความเที่ยงของการ scan ด้วยเครื่อง densitometer และ integrator	71
3.5.2	การเปรียบเทียบความเที่ยงของการใส่สารแต่ละครั้งด้วย เครื่อง Linomat II เมื่อปริมาตรการ spot ไม่เท่ากัน	73
3.5.3	การเปรียบเทียบความเที่ยงของการใส่สารเมื่อใช้วิธีการ แตกต่างกันระหว่าง External Standardization และ Internal Standardization	76
3.5.3.1	การหาค่าความเที่ยงเมื่อใช้วิธีการ External Standardization	76
3.5.3.2	การหาค่าความเที่ยงเมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	83
3.5.4	การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารกำจัดศัตรู พืชแต่ละชนิดกับค่า absorbance ที่วัดได้	91
ก.	การใช้เทคนิคแบบ External Standard	91
ข.	การใช้เทคนิคแบบ Internal Standard	94

3.5.5	การหาค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช ทั้ง 6 ชนิด โดยการวัดความเข้มข้นโดยอาศัย External Standard และ Internal Standard	97
3.5.5.1	การหาความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยการวัด ความเข้มข้นแบบ External Standardization	97
3.5.5.2	การหาความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยการวัด ความเข้มข้นแบบ Internal Standardization	101
3.5.6	การหาค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช ผสมทั้ง 6 ชนิด	105
3.5.6.1	การหาค่าความถูกต้องของสารกำจัดศัตรูพืชผสม เมื่อใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ External Standardization	105
3.5.6.2	การหาค่าความถูกต้องของสารกำจัดศัตรูพืชผสม เมื่อใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Internal Standardization	113
3.6	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในธัญพืชและผัก โดยใช้เทคนิค ไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี	121
3.6.1	การสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรู พืชทั้ง 6 ชนิดในข้าว ข้าวโพด และกระหล่ำปลี	121
3.6.2	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในข้าวสาร	137
3.6.2.1	วิธีการแยกสกัดสารกำจัดศัตรูพืชที่อยู่ในข้าวสาร	137
3.6.2.2	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้เมื่อยังไม่ทำการ clean-up	137
3.6.2.3	การ Clean-up ข้าว	141
3.6.2.4	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้ ภายหลังจากการ clean-up	141

บทที่

หน้า

3.6.3	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในข้าวโพด	147
3.6.3.1	วิธีการแยกสกัดสารกำจัดศัตรูพืชที่อยู่ในข้าวโพด	147
3.6.3.2	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้จากข้าวโพด เมื่อ ยังไม่ได้ทำการ clean-up	148
3.6.3.3	การ Clean-up ข้าวโพด	150
3.6.3.4	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้ ภายหลังจากการ clean-up	150
3.6.4	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในกระหล่ำปลี	154
3.6.4.1	วิธีการแยกสกัดสารกำจัดศัตรูพืชที่อยู่ในกระหล่ำปลี	154
3.6.3.2	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้จากกระหล่ำปลี เมื่อยังไม่ได้ทำการ clean-up	154
3.6.4.3	การ Clean-up สารตัวอย่างที่สกัดจากกระหล่ำปลี	157
3.6.4.4	การวิเคราะห์ส่วนที่แยกสกัดได้ ภายหลังจากการ clean-up	157
3.7	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่าง	161
3.7.1	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างข้าวสาร	161
3.7.2	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างข้าวโพด	162
3.7.3	การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างกระหล่ำปลี ..	163
4.	อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง	164
	การหาความบริสุทธิ์ของสารอินทรีย์อย่างดีและรวดเร็ว โดยใช้วิธีการทาง HPTLC	172
	เอกสารอ้างอิง	175
	ภาคผนวกพิเศษ	
	ขั้นตอนการใช้เครื่อง HPTLC	180
	ภาคผนวก 1	187
	ภาคผนวก 2	188
	ภาคผนวก 3	189

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี 2519 - 2528	1
2.1	สารเคมีบางชนิดที่ช่วยบอกตำแหน่งของสารบน TLC	30
3.1	แสดงถึงความมีขั้ว (Polarity) ของตัวทำละลายชนิดต่างๆ	47
3.2	ค่า Retention Time ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ development ด้วยตัวทำละลายเดี่ยวชนิดต่างๆ	58
3.3	ค่า Retention Time ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ development ด้วยตัวทำละลายผสม 2 ชนิด	59
3.4	ค่า Retention Time ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ development ด้วยตัวทำละลายผสม 3 ชนิด	60
3.5	ค่า R_f ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ในตัวทำละลายเดี่ยว	65
3.6	ค่า R_f ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดเมื่อทำการ development ด้วยตัวทำละลายผสม 2 ชนิด	66
3.7	ค่า R_f ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดเมื่อทำการ development ด้วยตัวทำละลายผสม 3 ชนิด	67
3.8	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่น้อยที่สุด ที่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ (Limit of Quantity)	70
3.9	แสดงผลของความเที่ยงของการ integrate ด้วยเครื่อง integrater	72
3.10 ก	แสดงถึงการเปรียบเทียบความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชอะมีทริน ครั้งละ 10 μ L และ 100 μ L	74
3.10 ข	แสดงถึงการเปรียบเทียบความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืช เบนไรโอคาร์บครั้งละ 10 μ L และ 100 μ L	75
3.11	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชอะมีทรินเมื่อใช้วิธีการ External Standardization	77

ตารางที่

หน้า

3.12	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเบนโธโอคาร์บเมื่อใช้วิธีการ External Standardization	78
3.13	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชคาร์โบฟูราธ โดยวิธีการ External Standardization	79
3.14	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืช เมธิลพาราไรออน โดยวิธีการ External Standardization	80
3.15	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชโมโนโครโทฟอส โดยวิธีการ External Standardization	81
3.16	แสดงถึงความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเมวินฟอส โดยวิธีการ External Standardization	82
3.17	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชอะมีทริน เมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	84
3.18	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเบนโธโอคาร์บ เมื่อใช้วิธีการ Internal Standard	85
3.19	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชคาร์โบฟูราธ เมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	86
3.20	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเมธิลพาราไรออน เมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	87
3.21	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชโมโนโครโทฟอส เมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	88
3.22	ความเที่ยงของการใส่สารกำจัดศัตรูพืชเมวินฟอส เมื่อใช้วิธีการ Internal Standardization	89
3.23	แสดงค่าความเที่ยงของการใส่สารเมื่อใช้วิธีการแตกต่างกันระหว่าง External Standardization และ Internal Standardization ในรูปของ % RSD ในแต่ละความเข้มข้นต่างกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด	90

ตารางที่	หน้า
3.24 แสดงค่าพื้นที่ผิวของสารมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ	92
3.25 แสดงค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิว ที่อัตราส่วนความเข้มข้นต่างๆ กัน ระหว่างสารมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ และ internal standard	95
3.26 ค่าความถูกต้องซึ่งแสดงในรูปของ %Error ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด โดยการทำให้ External Standardization	98-99
3.27 แสดงค่าความถูกต้องของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด โดยการทำให้ Internal Standardization	102-103
3.28 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชอะมีทริน ในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	107
3.29 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชเบนโทโอคาร์บในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	108
3.30 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชคาร์โบฟูรานในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	109
3.31 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชเมธิลพาราไธออนในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	110
3.32 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชโมโนโครโทฟอส ในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	111
3.33 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชเมวินฟอสในสารผสม โดยวิธีการ External Standardization	112
3.34 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชอะมีทริน ในสารผสม โดยวิธีการ Internal Standardization	115
3.35 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช เบนโทโอคาร์บ ในสารผสม โดยวิธีการ Internal Standardization	116
3.36 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชคาร์โบฟูรานในสารผสม โดยวิธีการ Internal Standardization	117

ตารางที่

หน้า

3.37	ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชเมธิลพาราไรออนในสารผสมโดยวิธีการ Internal Standardization	118
3.38	ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชเมวินฟอสในสารผสมโดยวิธีการ Internal Standardization	119
3.39	แสดงค่า Retention Time ของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด เมื่อทำการ development ด้วยโมบายเฟสชุด ก และ เมื่อทำการ development ด้วยโมบายเฟสชุด ข	123
3.40	แสดงค่า R_f ของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด เมื่อทำการ development ด้วยโมบายเฟสชุด ก และ เมื่อทำการ development ด้วยโมบายเฟสชุด ข	124
3.41	แสดงค่าพื้นที่ผิวกของสารมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อใช้ โมบายเฟสชุด ก	125-128
3.42	แสดงค่าพื้นที่ผิวกของสารมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อใช้ โมบายเฟสชุด ข	129-130
3.43	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่เติมลงไปในช่วง และ วิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัดและค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อไม่ได้ทำการ clean-up	140
3.44	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ที่เติมลงไปในช่วง และ วิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ clean-up และใช้โมบายเฟสชุด ก	143
3.45	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ที่เติมลงไปในช่วง และ วิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ clean-up และใช้โมบายเฟสชุด ข	145
3.46	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่เติมลงไปในช่วงโพดและ วิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และ ค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืช เมื่อไม่ได้ทำการ clean-up	149

ตารางที่

หน้า

3.47	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่เติมลงไปในช่วงไพลและวิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืช เมื่อทำการ clean-up และใช้โมบายเฟสชุด ก	151
3.48	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่เติมลงไปในช่วงไพลและวิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืช เมื่อทำการ clean-up และใช้โมบายเฟสชุด ข	152
3.49	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ที่เติมลงไปในระยะหล้าปัสและวิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และ ค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืช เมื่อไม่ได้ทำการ clean-up	156
3.50	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ที่เติมลงไปในระยะหล้าปัสและวิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืช เมื่อทำการ clean-up และ development ด้วยโมบายเฟสชุด ก	158
3.51	แสดงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ที่เติมลงไปในระยะหล้าปัสและวิเคราะห์ได้ภายหลังจากการแยกสกัด และค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืชเมื่อทำการ clean-up และ development ด้วยโมบายเฟสชุด ข	159

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	กราฟแสดงมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชระหว่างปี พ.ศ. 2519-2528	2
2.1	ลักษณะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการใส่สารตัวอย่างที่เป็นสารละลาย	19
2.2	แสดงการเลือกใช้ตัวดูดซับ และ โมบายเฟสสำหรับการแยกของผสม และ activity ของตัวดูดซับ	21
2.3	การ development แผ่น TLC	22
2.4	การทำ descending development ของแผ่น TLC แคบๆ	23
2.5	การทำ descending development ของแผ่น TLC ขนาดใหญ่ ..	23
2.6	การทำ horizontal development	23
2.7	การทำ Linear Horizontal Development	24
2.8	เครื่องมือที่ใช้สำหรับ Continuous Development	24
2.9	Stepwise Development ในการแยกองค์ประกอบของ podophyllum บนแผ่นซิลิกาเจล	26
2.10	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทำ gradient elution	27
2.11	แผนผังแสดงภาคตัดขวางของ GM-Spreader ในระหว่างการเคลื่อนขึ้นตัวดูดซับลงบนแผ่น	28
2.12	ภาคตัดขวางของ GM-Spreader	28
2.13	แสดงลักษณะ spot ของสารบน TLC เมื่อใช้ gradient layer	28
2.14	ภาชนะที่ใช้ในการทำ development สำหรับ temperature TLC สามารถควบคุมอุณหภูมิได้	29
2.15	การใส่สารตัวอย่างโดยวิธี contact spotting	35
2.16	กลไกของการทำ Spot Reconcentration	36
2.17	รูปแสดง Scanning Densitometer ชนิดต่างๆ กัน	39

รูปที่

หน้า

3.1	แสดงถึงตัวทำละลายต่างชนิดที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของ spot ของ สารกำจัดศัตรูพืช	48
3.2	แสดงโครงสร้างไอโซเมอร์ 2 ชนิดของเมวินฟอส	49
3.3	แสดงถึงตัวทำละลายผสมสองชนิดที่มีผลต่อการแยกและลักษณะการแยก สารกำจัดศัตรูพืช	52
3.4	แสดงถึงตัวทำละลายผสม 3 ชนิดที่มีผลต่อการแยกและลักษณะการแยก สารกำจัดศัตรูพืช	53
3.5	โครมาโทแกรมแสดงลักษณะการแยกของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ในตัวทำละลายเดี่ยว	61
3.6	โครมาโทแกรมแสดงลักษณะการแยกของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ในตัวทำละลายผสม 2 ชนิด	62-63
3.7	โครมาโทแกรมแสดงลักษณะการแยกของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด ในตัวทำละลายผสม 3 ชนิด	64
3.8	แสดง Calibration Curve ของ External Standardization ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด	93
3.9	แสดง Calibration Curve ของ Internal Standardization ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด	96
3.10	Calibration Curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้น และ ค่า absorbance ที่วัดได้ของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดเมื่อทำ การ development ด้วยโมบายเฟสชุด ก	
	ก) ทำการ development ครั้งที่ 1 ด้วย เฮกเซน	
	ทำการ development ครั้งที่ 2 ด้วย 50% เฮกเซน-เบนซีน	131
	ข) เมื่อทำการ development ครั้งที่ 3 ด้วย เบนซีน	132
	ค) เมื่อทำการ development ครั้งที่ 4 ด้วย 50 % เบนซีน -	
	เอธิลอะซีเตต	133
	ง) เมื่อทำการ development ครั้งที่ 5 ด้วย เอธิลอะซีเตต ..	134

รูปที่

หน้า

3.11 Calibration Curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้น และ ค่า absorbance ที่วัดได้ของสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดเมื่อทำการ development ด้วยโมบายเฟลซด ข

ก) ทำการ development ครั้งที่ 1 ด้วย (1:4)2-บิวทาโนน - ไชโคลเฮกเซน 135

ข) เมื่อทำการ development ครั้งที่ 2 ด้วยโมบายเฟลส เอธิลอะซีเตต 136



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย