

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบดีบุกอินทรีย์ ในหอยแมลงภู่
โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

นพิตา คุณประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

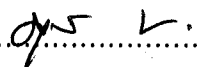
ตุลาคม 2546

ISBN 974-382-655-6

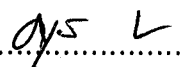
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

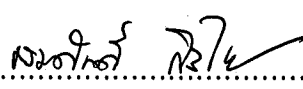
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

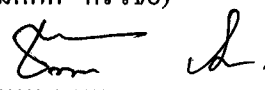
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

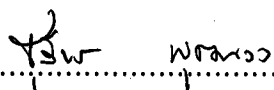
..........ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

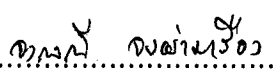
คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..........ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

..........กรรมการ
(ดร. สมศักดิ์ ศิริไชย)

..........กรรมการ
(ดร. ธนิตา ปะบุญเรือง)

..........กรรมการ
(ดร. ชุตติพร พุฒนวล)

..........กรรมการ
(ดร. จงกลณี จงอร่ามเรือง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..........คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 31 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2546

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ ที่เป็นประธานควบคุมวิทยานิพนธ์ คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วย แก้ไขปัญหา ข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้ความรู้ แนวความคิด ประสบการณ์ที่ดีในการทำ วิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย ดร.ธนิศา ปะบุญเรือง ดร.สุทธิพร พุฒนวล และ ดร.จกกลณี จงอร่ามเรือง คณะกรรมการสอบปากเปล่า ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็น ประโยชน์ทั้ง ในการทดลอง และคำแนะนำใน การปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.รุ่งนภา แซ่เอ็ง และคุณอุทัยวรรณ ศิริอ่อน ที่ช่วยพิสูจน์เอกลักษณ์ ด้วยเครื่อง NMR

ขอขอบใจพี่ ๆ น้อง ๆ ปรียญาตรี และปรียญาโท ภาคเคมี ที่เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือ กันเสมอมา

ประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้บิดา และมารดา ที่ช่วยสั่งสอนอบรม เลี้ยงดู สิ่งที่ดีงามแก่ผู้วิจัย

นพิดา คุณประเสริฐ

42911498 : สาขาวิชา : เคมี; วท.ม. (เคมี)

คำสำคัญ : แก๊สโครมาโตกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี / สารประกอบดีบุกอินทรีย์

นพิตา คุณประเสริฐ : การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบดีบุกอินทรีย์ในหอยแมลงภู่ โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (DETERMINATION OF ORGANOTIN COMPOUNDS IN GREEN MUSSELS (*PERNA VIRIDIS* LINN.) BY GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY) อาจารย์ที่ปรึกษา : อรุณี เทอดเทพพิทักษ์, Ph.D. 101 หน้า. ISBN 974-382-655-6

การเตรียมอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ คือ ไตรโพรพิลทินคลอไรด์ บิวทิลทินไตรคลอไรด์ ไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ ไตรบิวทิลทินคลอไรด์ ฟีนิลทินไตรคลอไรด์ ไดฟีนิลทินไดคลอไรด์ และไตรฟีนิลทินคลอไรด์ % Yield มีค่าอยู่ในช่วง 67-77 ผลึกภัณฑ์ที่ได้ นำไปพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วย ^1H , ^{13}C -NMR และ GC/MSD ไตรโพรพิลเพนทิลทินใช้เป็นอินเทอร์ นอลสแตนดาร์ด

การศึกษาวิเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ในหอยแมลงภู่ โดยวิเคราะห์สารประกอบ ดีบุกอินทรีย์ชนิดบิวทิลทิน และฟีนิลทินด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ต่อกับเครื่องตรวจวัด แมสสเปกโตรเมตรี ใช้คอลัมน์ HP-5MS ตัวอย่างกำจัดไขมันด้วยวิธี Saponification ด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์/เมทานอล/น้ำ (40:100:100 w/v/v) สกัดด้วยไดเอทิลอีเธอร์/เพนเทน/โทรโปโลน (80:20:0.1 v/v/w) ทำอนุพันธ์ด้วยการเติมเพนทิลแมกนีเซียมโบรไมด์ กำจัดสิ่งเจือปนด้วย ซิลิกาเจล 3 กรัม และอะลูมินา 3 กรัม ชะด้วยเฮกเซน/ไดเอทิลอีเธอร์ (80:20 v/v)

ผลการศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ ค่า LOD และ LOQ อยู่ในช่วง 0.1-1.0 และ 0.5-6.0 ppb ตามลำดับ ความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.9991-0.9999 ความเที่ยงระดับที่ 1 และ 2 มีค่า %RSD อยู่ในช่วง 1.81-2.91 และ 0.98-6.91 ตามลำดับ ค่าร้อยละการกลับคืนในตัวอย่าง คือ 87.41 ± 1.37 , 109.29 ± 5.25 , 105.21 ± 10.42 , 88.53 ± 7.40 , 100.93 ± 9.58 และ 101.73 ± 16.96 ตามลำดับ

วิธีทดลองได้ประยุกต์ใช้กับตัวอย่างหอยแมลงภู่ 3 สถานี คือ อ่าวทุ่งกระเบน จังหวัด จันทบุรี อ่างศิลา และแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี พบสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดบิวทิลทิน และ ฟีนิลทินในช่วง 62.31 ± 8.54 ถึง 5.87 ± 1.44 และ 0.24 ± 0.38 ถึง 9.28 ± 0.45 $\mu\text{g/g}$ น้ำหนักตัวอย่าง ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่ในช่วง 6.55-13.18

42911498 : MAJOR : CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)

KEYWORD : GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY/ORGANOTIN
COMPOUNDS

NAPIDA KUNPRASERT : DETERMINATION OF ORGANOTIN COMPOUNDS
IN GREEN MUSSLES (*Perna viridis* Linn.) BY GAS CHROMATOGRAPHY - MASS
SPECTROMETRY. THESIS ADVISOR : ARUNEE THERDTEPPITAK, Ph.D. 101 P.
ISBN 974-382-655-6

A method for the preparation and purification of pentylated derivatives is described for seven organotin compounds, that are relevant in environmental analysis (tripropyltin chloride, butyltin trichloride, dibutyltin dichloride, tributyltin chloride, phenyltin trichloride, diphenyltin dichloride, and triphenyltin chloride). The %Yields obtained were in the rang from 67-77. The product was identified by ^1H , ^{13}C -NMR and GC/MSD. Tripropyl pentyltin was selected as internal standard.

The determination of butyltin and phenyltin compounds was performed by gas chromatography with mass spectrometry (GC/MSD) on HP-5MS capillary column (30m x0.25mm id.x0.25 μm film thickness). A sample was saponified with sodium hydroxide/methanol/water (40:100:100 w/v/v). Butyltin and phenyltin compounds in the saponification were extracted with diethyl ether/pentane/tropolone (80:20:0.1 v/v/w). After pentylation of the organotin compound, impurities were removed with silica gel/alumina (3:3, g/g) and eluted with hexane/diethyl ether (80:20 v/v).

The result of validation of analysis method for butyltin and phenyltin compounds, LOD and LOQ ranged from 0.1-1.0 and 0.5-6.0 ppb, respectively. Linearity was in range from 0.9991-0.9999. The % RSD value of precision level 1 and 2 were in the range from 1.81-2.91 and 0.98-6.91, respectively. The recoveries of butyltin, dibutyltin, tributyltin, phenyltin, diphenyltin, and triphenyltin were 87.41 ± 1.37 , 109.29 ± 5.25 , 105.21 ± 10.42 , 88.53 ± 7.40 , 100.93 ± 9.58 and 101.73 ± 16.96 , respectively.

The method was applied to green mussels (*Perna viridis* Linn.) sampled from Kung Ka Baen Bay in Chantaburi province, Angsila and Leamtan in Chonburi province. The concentration of butyltin and phenyltin compounds ranged from 62.31 ± 8.54 - 5.87 ± 1.44 and 0.24 ± 0.38 - 9.28 ± 0.45 ng/g wet wt, respectively. % Lipid range was 6.55-13.18.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ

บทที่

1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาการศึกษา.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
สารประกอบดินบุกอินทรีย์.....	4
การกำหนดค่าความเป็นพิษ.....	6
ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต.....	6
ผลกระทบต่อสัตว์ทดลอง.....	7
ผลกระทบต่อมนุษย์.....	8
การตกค้างของสารประกอบดินบุกอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม.....	8
3 อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ.....	23
อุปกรณ์.....	23
สารเคมี.....	24
เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์.....	25
วิธีดำเนินการ.....	25

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลอง.....	44
การเตรียมอนุพันธ์เพนทิลของ สารประกอบไดบุกอินทรีย์.....	44
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์อนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบ ไดบุกอินทรีย์.....	44
ศึกษาความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ (Method Validation).....	48
ศึกษาสภาวะในการเตรียมตัวอย่าง.....	53
ศึกษาการสกัดด้วยวิธี Sonication.....	60
การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	66
การหาปริมาณไขมันในตัวอย่างหอย.....	67
การหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง.....	68
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	69
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง.....	69
ข้อเสนอแนะ.....	73
บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก.....	83
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	101

10	ความเที่ยง ระดับที่ 2 ในการวิเคราะห์สารละลายอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบ ไดบุกอินทรีย์ผสม ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 5$).....	52
11	ความแม่นยำในการวิเคราะห์สารละลายอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุก อินทรีย์ผสมความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 5$).....	53
12	ค่าร้อยละการกลับคืนของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสมที่ ชะด้วยตัวทำละลายแบบต่าง ๆ ($n = 3$).....	54
13	ร้อยละการกลับคืนของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ ในการศึกษา อัตราส่วนตัวสกัด ไดเอทิลอีเทอร์/เพนเทน/โทร โป โลน อัตราส่วน 80:20:0.1 และ 100:0:0.1 (v/v/w) เมื่อเติมสารประกอบไดบุกอินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 50 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	60
14	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ ปริมาณ โทร โป โลนที่ใช้ตัวทำละลาย ไดเอทิลอีเทอร์/เพนเทน/โทร โป โลน อัตราส่วน 80:20:0.1 และ 80:20:0.2 (v/v/w) เมื่อเติมสารประกอบไดบุกอินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 50 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	61
15	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ เมื่อสกัดตัวอย่าง หอยด้วยวิธี Sonication ที่เวลา 5 และ 10 นาที เมื่อเติมสารประกอบไดบุกอินทรีย์ คลอไรด์ ความเข้มข้น 50 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	62
16	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์เมื่อใช้ตัวทำละลาย กรีนกัยาร์ครีเอเจนต์ที่ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 6 มิลลิลิตรเมื่อเติมสาร ประกอบไดบุกอินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 25 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	64
17	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ เมื่อทำการกำจัด ไขมันโดยวิธี Saponification เป็นเวลา 10 และ 20 นาที เมื่อเติมสารประกอบไดบุก อินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 50 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	65
18	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ที่ใช้อุณหภูมิใน การทำกรีนกัยาร์ครีเอเจนต์ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเติมสารประกอบไดบุก อินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 25 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 จำนวนตัวอย่างหอยแมลงภู่ และความยาวของเปลือกที่ใช้ในการทดลอง.....	25
2 SIM สำหรับอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์.....	31
3 เปอร์เซ็นต์ Yield ของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์.....	45
4 ค่าการแยก (Rs) อนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสมความเข้มข้น 50 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) โปรแกรมอุณหภูมิที่ใช้คือ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 60 องศาเซลเซียส คงที่ 1.5 นาที เพิ่มขึ้น 20 องศาเซลเซียสต่อนาทีถึง 290 องศาเซลเซียสคงที่ 10 นาที อุณหภูมิช่องฉีดสาร 280 องศาเซลเซียส อัตราการไหล แก๊สพา 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคิเทคเตอร์ 290 องศาเซลเซียส ($n = 3$).....	49
5 ขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) และขีดจำกัดการวิเคราะห์ปริมาณ (LOQ) ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 และ 6.0 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 7$)...	49
6 ค่าพารามิเตอร์ของกราฟมาตรฐานอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสมที่ช่วงความเข้มข้น 2, 25, 50, 120 และ 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 3$).....	50
7 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารที่จุดตัดแกน y ที่ได้จากกราฟมาตรฐานของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสม.....	50
8 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการศึกษาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสมที่ช่วงความเข้มข้น 2, 25, 50, 120, 150, 200 และ 800 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 3$).....	51
9 ความเที่ยง ระดับที่ 1 ในการวิเคราะห์สารละลายอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ผสมความเข้มข้น 50 ppb (น้ำหนักไดบุก) มี Internal Standard ไตร โพรพิลเพนทิลทิน ความเข้มข้น 150 ppb (น้ำหนักไดบุก) ($n = 10$).....	51

19	ร้อยละการกลับคืนอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์เมื่อเติมสารประกอบไดบุกอินทรีย์คลอไรด์ ความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ng/g น้ำหนักตัวอย่าง ($n = 3$).....	66
20	ความเข้มข้นอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบไดบุกอินทรีย์ (ng/g น้ำหนักตัวอย่าง) ที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่งจากสถานี อ่างกุ้งกระเบน อ่างศิลา และแหลมแท่น ($n = 3$).....	66
21	แสดงเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่งที่ใช้ในการทดลอง ($n = 3$).....	68
22	แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในตัวอย่างแมลงภู่งที่ใช้ในการทดลอง ($n = 3$).....	68
23	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	84
24	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายไดบิวทิลไดเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	84
25	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายไตรบิวทิลเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	84
26	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	85
27	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายไดฟีนิลไดเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	85
28	ค่าพื้นที่ใต้พีคของสารละลายไตรฟีนิลเพนทิลทิน ต่อพื้นที่ใต้พีคของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ($n = 3$).....	85

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงการใช้สารประกอบดีบุกอินทรีย์.....	5
2 การเตรียมอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์.....	27
3 โปรแกรมอุณหภูมิในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ผสม ที่ความเข้มข้น 50 ppb (น้ำหนักดีบุก) มี Internal Standard ไตรโพรพิลเพนทิลทิน 150 ppb (น้ำหนักดีบุก) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MSD/SIM.....	32
4 การวิเคราะห์ร้อยละการกลับคืนของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ ชะด้วย 80:20 (v/v) เฮกเซน / ไดเอทิลอีเธอร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตรที่ผ่านซิลิกาเจล 3 กรัม และอะลูมินา 3 กรัม.....	35
5 การวิเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์ในตัวอย่างหอย.....	41
6 โครมาโครแกรมการศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ ความเข้มข้น 50 ppb (น้ำหนักดีบุก) มี Internal Standard ไตรโพรพิลเพนทิลทิน 150 ppb (น้ำหนักดีบุก).....	46
7 โครมาโครแกรมการศึกษาอัตราเร็วโปรแกรมอุณหภูมิของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ ความเข้มข้น 50 ppb (น้ำหนักดีบุก) มี Internal Standard ไตรโพรพิลเพนทิลทิน 150 ppb (น้ำหนักดีบุก) ที่อัตราเร็ว 12, 15, 17, 20 และ 22 องศาเซลเซียส ต่อนาที.....	47
8 โครมาโครแกรมการศึกษาปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการแยกส่วนเมื่อชะด้วย 80:20 (v/v) เฮกเซน / ไดเอทิลอีเธอร์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร โดยชะครั้งละ 8 มิลลิลิตร.....	55
9 แมสสเปกตรัมของโคเลสเตอรอลในตัวอย่างรีเทนชันไทม์ที่ 16.21 (ภาพบน) เทียบกับฐานข้อมูล Wiley (ภาพล่าง) เมื่อผ่านการกำจัดสิ่งเจือปน และการแยกส่วนเมื่อใช้ซิลิกาเจล 1 กรัม.....	56
10 โครมาโครแกรมการศึกษาอัตราส่วนซิลิกาเจล และอะลูมินา 1:3, 2:2 และ 3:1 กรัม/กรัม ในการแยกส่วนเมื่อชะด้วย 80:20 (v/v) เฮกเซน / ไดเอทิลอีเธอร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร.....	56

11	โครมาโตแกรมของสารตัวอย่างปริมาตร 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิลิตรที่นำไปกำจัด สิ่งเจือปนเมื่อเทียบกับแบลนด์.....	58
12	แมสสเปกตรัมของ 2-Propenoic Acid รีเทนชันไทม์ที่ 12.16 (ภาพบน) เทียบกับ ฐานข้อมูล Wiley (ภาพล่าง) ที่ปริมาตรสารนำไปกำจัดสิ่งเจือปนเป็น 0.7 มิลลิลิตร.....	59
13	โครมาโตแกรมการกำจัดสิ่งเจือปนเมื่อชะด้วย 80:20, 60:40 และ 40:60 (v/v) เฮกเซน / ไดเอทิลอีเธอร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร.....	59
14	โครมาโตแกรมอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบคีนุกอินทรีย์ แสดงจำนวนครั้ง ของการสกัดด้วยวิธี Sonication โดยทำการสกัดตัวอย่างเป็น 10 นาที.....	63
15	โครมาโตแกรมของอนุพันธ์เพนทิลของสารประกอบคีนุกอินทรีย์ในตัวอย่าง หอยแมลงภู่งจากสถานีอ่าวคุ้งกระเบน อ่างศิลา และแหลมแท่น.....	67
16	¹ H-NMR สเปกตรัมของไตร โพรพิลเพนทิลทิน.....	86
17	¹ H-NMR สเปกตรัมของมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน.....	86
18	¹ H-NMR สเปกตรัมของไดบิวทิลไดเพนทิลทิน.....	87
19	¹ H-NMR สเปกตรัมของไตรบิวทิลเพนทิลทิน.....	87
20	¹ H-NMR สเปกตรัมของมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน.....	88
21	¹ H-NMR สเปกตรัมของไดฟีนิลไดเพนทิลทิน.....	88
22	¹ H-NMR สเปกตรัมของไตรฟีนิลเพนทิลทิน.....	89
23	¹³ C-NMR สเปกตรัมของไตร โพรพิลเพนทิลทิน.....	89
24	¹³ C-NMR สเปกตรัมของมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน.....	90
25	¹³ C-NMR สเปกตรัมของไดบิวทิลไดเพนทิลทิน.....	90
26	¹³ C-NMR สเปกตรัมของไตรบิวทิลเพนทิลทิน.....	91
27	¹³ C-NMR สเปกตรัมของมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน.....	91
28	¹³ C-NMR สเปกตรัมของไดฟีนิลไดเพนทิลทิน.....	92
29	¹³ C-NMR สเปกตรัมของไตรฟีนิลเพนทิลทิน.....	92
30	แมสสเปกตรัมของไตร โพรพิลเพนทิลทิน.....	93
31	แมสสเปกตรัมของมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน.....	93
32	แมสสเปกตรัมของไดบิวทิลไดเพนทิลทิน.....	93
33	แมสสเปกตรัมของไตรบิวทิลเพนทิลทิน.....	94

ภาพที่	หน้า
34	แมสสเปกตรัมของมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน..... 94
35	แมสสเปกตรัมของไดฟีนิลไคเพนทิลทิน..... 94
36	แมสสเปกตรัมของไตรฟีนิลเพนทิลทิน..... 95
37	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดของมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน และมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 0.3 ppb..... 95
38	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดของไตรบิวทิลเพนทิลทิน และไดบิวทิลไคเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 0.2 ppb..... 95
39	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดของไดฟีนิลไคเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 1.0 ppb..... 96
40	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดของไตรฟีนิลเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 0.1 ppb..... 96
41	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน และไดบิวทิลไคเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 2.0 ppb..... 96
42	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของไตรบิวทิลเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 1.0 ppb..... 97
43	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของมอนอฟีนิลไตรเพนทิล ที่ความเข้มข้น 1.0 ppb..... 97
44	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของไดฟีนิลไคเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 6.0 ppb..... 97
45	โครมาโตแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของไตรฟีนิลเพนทิลทิน ที่ความเข้มข้น 0.5 ppb..... 98
46	กราฟมาตรฐานสารละลายมอนอบิวทิลไตรเพนทิลทิน..... 98
47	กราฟมาตรฐานสารละลายไดบิวทิลไคเพนทิลทิน..... 98
48	กราฟมาตรฐานสารละลายไตรบิวทิลเพนทิลทิน..... 99
49	กราฟมาตรฐานสารละลายมอนอฟีนิลไตรเพนทิลทิน..... 99
50	กราฟมาตรฐานสารละลายไดฟีนิลไคเพนทิลทิน..... 99
51	กราฟมาตรฐานสารละลายไตรฟีนิลเพนทิลทิน..... 100