การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวโดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำชา

วิชุดา ทองภูสวรรค์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วิชุดา ทองภูสวรรค์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรานุศุภากุล)

..... กรรมการ
(ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น)

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมถวิล จริตควร)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่ 5 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วิชุดา ทองภูสวรรค์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรานุสุภากุล)

..... กรรมการ
(ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น)

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมถวิล จริตควร)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่ 5 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ วรานุศุภากุล จากภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมถวิล จริตควร ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณปิยะวรรณ ศรีวิลาศ นักวิจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา เจ้าหน้าที่บริษัท Agilent Technologies (Thailand) ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา รวมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์ตรวจสอบสารต้องห้ามในนักกีฬา (National Doping Control Center) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ Interface สำหรับเครื่อง GC-MS

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วนิดา ทองภูสวรรค์ (มารดา) และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบคุณ ดร.นวศิษฎ์ รักษ์บำรุง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา ตระกูลสุจริตโชค ดร.ศิริรัดน์ ชาญไววิทย์ ดร.อภิญญา นวคุณ พญ.ธรรมิกา เทพพาที พญ.วาสนา คงเมือง นายบุญฤทธิ์ ช่างเรือ นายอนุรักษ์ จันทร์แก้ว นายวีรพันธ์ เบญจวงศ์ นายญาณสิทธิ์ เจริญศรี และนายสุปรีย์ ไชยชมภู เพื่อน พี่และน้องภาควิชาเคมีทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนทุกคนของผู้วิจัย ที่มีส่วนช่วยทั้งด้านกำลังใจและแรงกายให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้ที่มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

วิชุดา ทองภูสวรรค์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50910323: สาขาวิชา: เคมี; วท.ม. (เคมี)
คำสำคัญ: พอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน/ การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลว/ เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง/ น้ำชา/ แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี

วิชุดา ทองภูสวรรค์: การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวโดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำชา (HOLLOW FIBER MEMBRANE LIQUID-PHASE MICROEXTRACTION FOR DETERMINATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN TEA SAMPLES) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น, Ph.D., สมศักดิ์ ศิริไชย, Ph.D. 91 หน้า. ปี พ.ศ. 2553

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 9 ชนิด ในน้ำชาโดยใช้การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวและใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงเป็นตัวพยุง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี โดยชนิดของเมมเบรนที่ใช้ได้แก่ พอลิพรอพิลีน ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง 15 มิลลิลิตร ปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์ 25 ไมโครลิตร ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมพบว่า ออกเทนเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดด้วยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง โดยใช้อัตราเร็วในการปั่นกวนที่ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที สามารถวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ได้ในระดับนาโนกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.9852-1 ความเที่ยงของวิธีการสกัดให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นของวิธีการสกัดให้ค่าร้อยละการได้กลับคืนอยู่ในช่วง 93-109 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำวิธีนี้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารพอลิไซคลิก อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างน้ำชา ข้อดีของวิธีการนี้คือ ใช้ปริมาณตัวทำละลายอินทรีย์น้อยในระดับไมโครลิตร จัดเป็นเคมีสะอาด (Green Chemistry) เป็นการเตรียมตัวอย่างที่ง่าย สามารถสกัดและเพิ่มความเข้มข้นได้ในขั้นตอนเดียว อุปกรณ์ไม่สลับซับซ้อนและราคาไม่สูง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50910323: MAJOR: CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)

KEYWORDS: POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS/ LIQUID-PHASE MICROEXTRACTION/ HOLLOW FIBER MEMBRANE/ TEA/ GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY

WICHUDA TONGPOOSAWAN: HOLLOW FIBER MEMBRANE LIQUID-PHASE MICROEXTRACTION FOR DETERMINATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDRO CARBONS IN TEA SAMPLES. ADVISORY COMMITTEE: NAPA TANGTREAMJITMAN, Ph.D., SOMSAK SIRICHAI, Ph.D. 91 P. 2010.

The method for the determination of nine polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in tea samples has been developed by using hollow fiber membrane liquid-phase microextraction and followed by gas chromatography with mass spectrometric detection. PAHs were extracted from 15 mL of aqueous samples through the immobilized organic solvent in the pores of polypropylene hollow fiber membrane and finally into 25 μL of the same organic solvent. The optimum conditions were studied and found that octane was a good extraction solvent at the stirring rate of 700 rpm for 20 min. The detection limit of this method can be achieved at nanogram per liter level. The calibration curves with correlation coefficients (R^2) in the range of 0.9852-1 were obtained. The precision and accuracy were expressed as relative standard deviation and recovery. The relative standard deviations were below 15% and recoveries were in the range of 93-109%. The method has been applied to determine PAHs in the tea samples. The advantage of using small volume of organic solvent in microliter led to the extremely low consumption of toxic organic solvent as green chemistry. This method is rapid, simple and inexpensive. In addition, the extraction and preconcentration are combined into a single step.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

หลักการสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลว..... 10

ค่า Enrichment Factor..... 12

ค่าขีดจำกัดสูงสุดของปริมาณ PAHs ที่ยอมรับได้..... 13

การคำนวณ..... 14

3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีดำเนินการวิจัย..... 16

อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 16

สารเคมี..... 16

วิธีดำเนินการวิจัย..... 17

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้วยเครื่อง GC-MS..... 18

การสกัดระดับจุลภาคด้วยวัฏภาคของเหลวโดยใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง..... 19

การศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์..... 21

การเตรียมตัวอย่างน้ำชา..... 24

การศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชา..... 24

การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชาด้วยวิธี Standard Addition..... 25

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ผลการวิจัย	26
	ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สาร PAHs ด้วยเครื่อง GC-MS	26
	ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด	31
	ผลการศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์	36
	ผลการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชา	40
	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างน้ำชาด้วยวิธี Standard Addition	41
5	อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	44
บรรณานุกรม		51
ภาคผนวก		55
ประวัติย่อของผู้วิจัย		91

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ค่า TEFs และค่า MCL ของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด	14
3-1	ค่า m/z สำหรับการวิเคราะห์ PAHs ด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้ SIM Mode	19
3-2	ความเข้มข้นของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ที่ใช้ศึกษากราฟมาตรฐาน	22
3-3	ความเข้มข้นของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ที่ใช้ศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง	23
4-1	ค่ารีเทนชันไทม์ (Retention Time หรือ t_R) และค่าการแยก (Resolution หรือ R_s)	27
4-2	ค่า Enrichment Factor ของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด	35
4-3	ค่า LOD LOQ สมการเส้นตรง และค่า R^2	36
4-4	ช่วงความเป็นเส้นตรง สมการเส้นตรง และค่า R^2	37
4-5	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์จากการศึกษาความเที่ยง	38
4-6	ค่าร้อยละการได้กลับคืนจากการศึกษาความแม่น	39
4-7	ค่าร้อยละการได้กลับคืนจากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวน	40
4-8	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ในตัวอย่างน้ำชาทั้ง 4 ชนิด	41
5-1	คุณสมบัติทางเคมีของออกเทนและโทลูอีน	45
5-2	สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ทั้ง 9 ชนิด ในตัวอย่างน้ำชา	50

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
1	สูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือดของ PAHs ทั้ง 9 ชนิด.....	56
2	พื้นที่พีคของ PAHs เมื่อใช้ออกเทนเป็นตัวทำละลาย.....	57
3	พื้นที่พีคของ PAHs ในเมื่อใช้โทลูอีนเป็นตัวทำละลาย.....	57
4	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 0 รอบต่อนาที.....	58
5	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 300 รอบต่อนาที.....	58
6	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 500 รอบต่อนาที.....	59
7	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 700 รอบต่อนาที.....	59
8	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 1,000 รอบต่อนาที.....	60
9	พื้นที่พีคของ PAHs ที่อัตราเร็วของการปั่นกวน 1,200 รอบต่อนาที.....	60
10	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 5 นาที.....	61
11	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 10 นาที.....	61
12	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 15 นาที.....	62
13	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 20 นาที.....	62
14	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 30 นาที.....	63
15	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 50 นาที	63
16	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 0%.....	64
17	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 5%.....	64
18	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 10%.....	65
19	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 15%.....	65
20	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 20%.....	66
21	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการสกัดเมื่อเติม NaCl 30%.....	66
22	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการศึกษาความเที่ยงภายในวันและความแม่น...	76
23	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ได้จากการศึกษาความเที่ยงระหว่างวัน.....	76
24	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาใบ.....	77
25	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 60 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาใบ.....	77

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
26	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 90 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาใบ.....	78
27	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาบรรจุขวด.....	78
28	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 60 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาบรรจุขวด.....	79
29	พื้นที่พีคของ PAHs ที่ความเข้มข้น 90 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของสารรบกวนในตัวอย่างน้ำชาบรรจุขวด.....	79

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 แสดงโครงสร้างของ PAHs ทั้ง 16 ชนิด..... 4

2-2 แสดงหลักการเบื้องต้นของการสกัดด้วยเทคนิค LPME..... 11

3-1 แสดงแผนภาพอุปกรณ์ในการสกัดด้วยเทคนิค LPME..... 20

4-1 แสดงผลการศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ PAHs ทั้ง 9 ชนิด..... 26

4-2 โครมาโทแกรมของสารละลายผสม PAHs 9 ชนิด ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร..... 27

4-3 แมสสเปกตรัมของ Acenaphthylene..... 28

4-4 แมสสเปกตรัมของ Acenaphthene..... 28

4-5 แมสสเปกตรัมของ Fluorene..... 29

4-6 แมสสเปกตรัมของ Phenanthrene..... 29

4-7 แมสสเปกตรัมของ Anthracene..... 29

4-8 แมสสเปกตรัมของ Fluoranthene..... 30

4-9 แมสสเปกตรัมของ Pyrene..... 30

4-10 แมสสเปกตรัมของ Benzo[a]anthracene..... 30

4-11 แมสสเปกตรัมของ Chrysene..... 31

4-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พีคของ PAHs และตัวทำละลายที่ใช้สกัด..... 31

4-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พีคของ PAHs และอัตราเร็วการปั่นกวน..... 32

4-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พีคของ PAHs และเวลาในการสกัด..... 33

4-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พีคของ PAHs กับความเข้มข้นของ NaCl..... 33

4-16 โครมาโทแกรมก่อนการสกัดของสารละลายผสม PAHs 9 ชนิด..... 34

4-17 โครมาโทแกรมหลังการสกัดของสารละลายผสม PAHs 9 ชนิด..... 34

4-18 โครมาโทรแกรมที่ได้จากการสกัดน้ำชาจากใบชาเขียว..... 42

4-19 โครมาโทรแกรมที่ได้จากการสกัดน้ำชาจากใบชาจีน..... 42

4-20 โครมาโทรแกรมที่ได้จากการสกัดน้ำชาเขียวบรรจุขวด..... 43

4-21 โครมาโทรแกรมที่ได้จากการสกัดน้ำชาดำบรรจุขวด..... 43

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Acenaphthylene	67
2	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Acenaphthlene	67
3	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Fluorene.....	68
4	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Phenanthrene.....	68
5	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Anthracene.....	69
6	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Fluoranthene.....	69
7	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Pyrene.....	70
8	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Benzo[a]anthracene.....	70
9	กราฟมาตรฐานของสารละลาย Chrysene.....	71
10	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Acenaphthylene.....	71
11	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Acenaphthlene.....	72
12	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Fluorene.....	72
13	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Phenanthrene.....	73
14	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Anthracene.....	73
15	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Fluoranthene.....	74
16	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Pyrene.....	74
17	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Benzo[a]anthracene.....	75
18	แสดงช่วงความเป็นเส้นตรงของสารละลาย Chrysene.....	75
19	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluorene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว.....	80
20	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Phenanthrene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว.....	80
21	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluoranthene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว.....	81
22	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Pyrene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว.....	81

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
23	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Benzo[a]anthracene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว	82
24	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Chrysene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาเขียว	82
25	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluorene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	83
26	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Phenanthrene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	83
27	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Anthracene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	84
28	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluoranthene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	84
29	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Pyrene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	85
30	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Benzo[a]anthracene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	85
31	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Chrysene ในตัวอย่างน้ำชาจากใบชาจีน	86
32	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluorene ในตัวอย่างน้ำชาเขียวบรรจุขวด	86
33	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluoranthene ในตัวอย่างน้ำชาเขียวบรรจุขวด	87
34	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Pyrene ในตัวอย่างน้ำชาเขียวบรรจุขวด	87
35	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Benzo[a]anthracene ในตัวอย่างน้ำชาเขียวบรรจุขวด	88

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
36	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Chrysene ในตัวอย่างน้ำชาเขียวบรรจุขวด	88
37	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluorene ในตัวอย่างน้ำชาดำบรรจุขวด	89
38	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Phenanthrene ในตัวอย่างน้ำชาดำบรรจุขวด	89
39	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Fluoranthene ในตัวอย่างน้ำชาดำบรรจุขวด	90
40	แสดงกราฟ Standard Addition ของสารละลาย Pyrene ในตัวอย่างน้ำชาดำบรรจุขวด	90

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University