



การวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีนโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี
และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี

โดย

นางสาวอุมพร อติชาติมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีนโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี
และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี

โดย

นางสาวอุมาพร อติชาติมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**DETERMINATION OF METHAMPHETAMINE BY GAS CHROMATOGRAPHY AND
NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY**

By

Umaporn Atichatmanee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Program of Forensic Science

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีน โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี ” เสนอโดย นางสาวอุมาพร อติชาติมณี เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตั้งกูร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง
2. อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต พิวนิม)
...../...../.....

..... กรรมการ
(พันตำรวจโทหญิงอัมพิกา ลีลาพจนานพร)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)
...../...../.....

49312316: สาขานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : ยาบ้า/ เมทแอมเฟตามีน/ แก๊สโครมาโทกราฟี/ นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์
สเปกโทรสโกปี

อุมพร อติชาติมณี: การวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีนโดยเทคนิคแก๊สโครมา
โทกราฟี และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:
อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และ อ.ดร. ศุภชัย สุภลักษณ์นารี. 71 หน้า.

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีน
(MA) โดยเทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) เปรียบเทียบกับเทคนิค Gas
Chromatography-flame ionization detector (GC-FID) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการ
ตรวจวิเคราะห์สาร MA กราฟมาตรฐานของสารละลาย MA ทั้งสองเทคนิคเป็นเส้นตรง ด้วยค่า
 $R^2=0.956$ ในเทคนิค NMR และ $R^2=0.998$ ในเทคนิค GC-FID โดยกราฟมาตรฐานทั้งสองเทคนิค
ที่ได้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง การศึกษาตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง
โดยเทคนิค NMR และ GC-FID พบว่าปริมาณ MA มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 4.830-38.308 mg/tablet
และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการทั้งสองเทคนิค จากการทำ least-squares fitting พบว่า ผลจากการ
วิเคราะห์มีความสัมพันธ์กันด้วยค่า correlation coefficient, $R^2 = 0.902$

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2.

49312316 : MAJOR: FORENSIC SCIENCE

KEY WORDS : YABA/ METHAMPHETAMINE/ GAS CHROMATOGRAPHY/ NUCLEAR
MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY

UMAPORN ATICHATMANEE: DETERMINATION OF METHAMPHETAMINE BY
GAS CHROMATOGRAPHY AND NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY.

THESIS ADVISORS: SIRIRAT CHOOSAKOONKRIANG, Ph.D., AND SUPACHAI
SUPALAKNARI, Ph.D. 71 pp.

The objective of this work is to develop a method for the determination of methamphetamine (MA) in seized drugs by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR). The results were compared with those obtained by a more widely used technique of Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID).

Linearities of the calibration curves measured on the standard MA solutions were obtained with $R^2=0.956$ in the NMR measurement and with $R^2=0.998$ for the GC-FID results. The calibration curves were used to determine the amounts of MA in 15 drug samples. The amounts of MA measured using both techniques are comparable within the range of 4.830-38.308 mg/tablet. Comparison of the two methods by least-squares fitting confirmed the good agreement of the results with a correlation coefficient, $R^2 = 0.902$.

Program of Forensic Science Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009
Student's signature
Thesis Advisors' signature 1. 2.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิทยานิพนธ์เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณเมทแอมเฟตามีนโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาและความร่วมมือช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่มีคุณค่า และเป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และอ.ดร. สุภชัย สุภลักษณ์นารี ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งได้ให้การสนับสนุนตัวอย่างและอุปกรณ์การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาและให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในงานวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ที่กรุณาให้ทำการวิจัย และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ที่มิได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

		หน้า
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญภาพ	ฎ
	บทที่	
1	บทนำ.....	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย.....	2
	ขั้นตอนการวิจัย	3
	ข้อจำกัดของการศึกษา	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	ทบทวนวรรณกรรม	5
	ความหมายของยาเสพติดให้โทษ.....	5
	ประเภทของยาเสพติด	5
	ยาบ้า	5
	ลักษณะทั่วไปของยาบ้า	6
	วิธีการเสพยาบ้า	6
	ส่วนผสมของยาบ้า	6
	แอมเฟตามีน	7
	ประวัติและความเป็นมาของแอมเฟตามีน	7
	โครงสร้างทางเคมี	8
	ลักษณะและคุณสมบัติของแอมเฟตามีน	8
	ประวัติและความเป็นมาของเมทแอมเฟตามีน	9
	ลักษณะและคุณสมบัติของเมทแอมเฟตามีน	9
	ความแตกต่าง โครงสร้างของแอมเฟตามีน และเมทแอมเฟตามีน	9
	อาการของผู้เสพยาบ้า	10

บทที่	หน้า
	โทษที่ได้รับของการเสพติด 10
	การตรวจพิสูจน์ยาบ้า 12
	เทคนิค Gas Chromatography (GC) 13
	เทคนิค Nuclear magnetic resonance (NMR) 14
	งานวิจัยที่ผ่านมาที่ดำเนินการวิเคราะห์ตรวจหาตัวอย่าง ยาเสพติด โดยใช้ เทคนิค GC-FID และ NMR 19
3	สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 22
	สารเคมีการทดลอง 22
	อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง 22
	วิธีการทดลอง 23
4	ผลการทดลอง 32
	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า 32
	การศึกษาปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค GC-FID.. 34
	การศึกษาปริมาณ MA และ caffeine ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยใช้ เทคนิค NMR 37
	การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่าง เทคนิค GC-FID และ NMR..... 43
5	อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะของการวิจัย 46
	อภิปรายผล และสรุปผลของการวิจัย 46
	ข้อเสนอแนะ 48
	ข้อเสนอในการดำเนินการวิจัยต่อไป 49
บรรณานุกรม 50
ภาคผนวก 53
	ภาคผนวก ก โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน MA ในการ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID 54
	ภาคผนวก ข chemical shift โปรตอนของสารละลายมาตรฐาน MA และ caffeine ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR 60

บทที่	หน้า
ประวัติผู้วิจัย	71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาการดำเนินงาน	3
2	ข้อหา และบทลงโทษของยาเสพติดให้โทษประเภทที่ 1.....	11
3	ค่า chemical shift ของโปรตอนชนิดต่างๆ เทคนิค NMR	18
4	สารเคมีในการทดลอง	22
5	อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง	22
6	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID	25
7	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR	28
8	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR	30
9	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง	32
10	ค่า retention time (tr) ของ สารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA	34
11	อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MAและสารมาตรฐาน DPA	35
12	ตารางแสดงปริมาณ MA ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วย เทคนิค GC-FID	36
13	ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน MA	38
14	ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน caffeine	39
15	อัตราส่วนจำนวนโปรตอน ของหมู่ฟังก์ชัน NH และสารมาตรฐาน TMS กับความ เข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA	40
16	อัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH ₃ ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความ เข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine	41
17	ปริมาณ MA และ caffeine ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง วิเคราะห์ ด้วยเทคนิค NMR	42
18	ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ MA mg/เม็ด ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR.....	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการผลิตแอมเฟตามีน	8
2	โครงสร้างของ Amphetamine และ Methamphetamine.....	10
3	องค์ประกอบเครื่อง GC	13
4	ก) ถังใส่แม่เหล็กของเครื่อง NMR spectrum ข) หลอดใส่สารตัวอย่าง.....	15
5	ส่วนประกอบของเครื่อง NMR spectrum	16
6	¹ H NMR spectrum ของเอทิลอะซิเตต	17
7	ตำแหน่งบนสเปกตรัมของเทคนิค NMR	18
8	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID	24
9	วิธีการเตรียมตัวอย่างยาบ้า เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID	25
10	วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR	27
11	วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR	29
12	วิธีการเตรียมตัวอย่างยาบ้า เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR	30
13	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง.....	33
14	โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA.....	34
15	กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA และสาร มาตรฐาน DPA กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA (mg/ml)	35
16	ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน MA	37
17	ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน caffeine	38
18	ค่า chemical shift ของโปรตอนตัวอย่างยาบ้า	39
19	กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนของจำนวนโปรตอน ของหมู่ฟังก์ชัน NH และสาร มาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA (mg/ml)	41
20	กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนของจำนวนโปรตอน ของหมู่ฟังก์ชัน CH ₃ และสาร มาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine (mg/ml)	42
21	ปริมาณ MA (mg/tablet) ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR	45
22	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.10 mg/ml	55
23	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.20 mg/ml	56
24	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.40 mg/ml	57

ภาพที่		หน้า
25	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.60 mg/ml	58
26	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.80 mg/ml	59
27	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 1.00 mg/ml	61
28	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 2.00 mg/ml	62
29	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 3.00 mg/ml	63
30	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 4.00 mg/ml	64
31	สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 5.00 mg/ml	65
32	สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 5.00 mg/ml	66
33	สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 10.00 mg/ml	67
34	สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 15.00 mg/ml	68
35	สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 20.00 mg/ml	69
36	สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 25.00 mg/ml	70

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาเกี่ยวกับยาเสพติดเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ทราบได้จากสื่อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางโทรทัศน์ วิทยุ หรือหนังสือพิมพ์ ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนกรกฎาคม 2550 ยาเสพติดมีการแพร่ระบาดเพิ่มมากขึ้น โดย 3 อันดับแรก คือ ยาบ้า กัญชา และสารระเหย (กรมพินิจคุ้มครองเด็กและเยาวชน 2552)

ยาบ้า จัดอยู่ในกลุ่มยาเสพติดออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาท และเป็นยาเสพติดประเภท 1 มีลักษณะทางกายภาพ คือ เป็นเม็ดขนาดเล็ก กลมแบน มีสีต่างๆ เช่น สีส้ม สีน้ำตาล สีม่วง สีชมพู สีเทา สีเหลือง และสีเขียว เป็นต้น มีสัญลักษณ์ปรากฏบนเม็ดยา เช่น พ, M, PG, WY, รูปดาว, พระจันทร์เสี้ยว, 99 หรือเป็นลักษณะของเส้นแบ่งครึ่งเม็ด ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้อาจปรากฏบนเม็ดยาด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน หรืออาจเป็นเม็ดเรียบทั้งสองด้านก็ได้ (กรมพินิจคุ้มครองเด็กและเยาวชน 2552)

ในยาบ้ามีส่วนผสมของสารเคมีหลายรูปแบบ ซึ่งปัจจุบันส่วนใหญ่ในประเทศไทยตรวจพิสูจน์ยาบ้าพบสารเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (รัตติยากร สำราญพิศ 2552)

เมื่อผู้เสพทำการเสพยาเข้าสู่ร่างกาย ระยะแรกร่างกายจะตื่นตัว หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตสูงขึ้น ใจสั่น ประสาทตึงเครียด แต่เมื่อหมดฤทธิ์ยา จะรู้สึกอ่อนเพลียมากกว่าปกติ ประสาทล้าทำให้การตัดสินใจช้า และผิดพลาด เป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้ ถ้าใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้สมองเสื่อม เกิดอาการประสาทหลอน เห็นภาพลวงตา หวาดระแวง คลุ้มคลั่ง เสียสติ เป็นบ้าอาจทำร้ายตนเองและผู้อื่นได้ หรือในกรณีที่ได้รับยาในปริมาณมาก (Overdose) จะไปกดประสาท และระบบการหายใจทำให้หมดสติ และถึงแก่ความตายได้

(รัตติยากร สำราญพิศ 2552)

จากโทษที่ผู้เสพยาจะได้รับดังกล่าวข้างต้น ไม่ส่งผลให้อัตราการเสพยาบ้าลดลง เนื่องจากว่ายังมีประชาชนอีกจำนวนไม่น้อยที่ไม่ตระหนักถึงโทษภัยของยาบ้าอย่างชัดเจน แต่กลับเห็นประโยชน์ของยาบ้าว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้มีการใช้ยาบ้ากันอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ผู้เสพยา ผู้อื่น และสังคมส่วนรวม ได้รับความเดือดร้อน เช่น เสียชีวิตหรือบาดเจ็บ สูญเสียอวัยวะร่างกายพิการ เสียทรัพย์สิน อาจถูกจับและถูกดำเนินคดีทาง

กฎหมาย ครอบครัวดื้อดื้อน ก่อให้เกิดปัญหาอาชญากรรมต่างๆตามมาอีกมากมาย

สำหรับการวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนมีหลายเทคนิค เช่น Color Immunochromatographic Assay (CICA Technique) (Coretests 2552), Therapeutic drugs monitoring analysis (TDx) (ชิตี มหาเจริญ 2546: 26), Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) (Mitrevski et al. 2005: 11-21, Phonchai et al. 2007: 1-14), High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) (ชิตี มหาเจริญ 2546: 27) เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยใช้เทคนิค Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) ในการวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า

แต่ยังมีเทคนิคที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมในการวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า คือ เทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) เนื่องจากเทคนิค NMR เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายสารตัวอย่าง จึงสามารถนำสารตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ โดยสารตัวอย่างอาจเป็นของแข็งของเหลว และก๊าซได้ (อมรสิทธิ์ และคณะ 2539: 206)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจวิเคราะห์เมทแอมเฟตามีนโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่เปรียบเทียบกับเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปีในการตรวจหาปริมาณเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างเม็ดยาบ้า

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า โดยเทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID)

2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) ของการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า

2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการตรวจหาสารเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้าด้วยเทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID) และ Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)

3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาตัวอย่างยาบ้าที่จับได้จากแหล่งต่างๆในประเทศไทย 15 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์สารเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography-flame ionization

detector (GC-FID) และ Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) ณ ห้องปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์

4. ขั้นตอนการวิจัย

- 4.1 กำหนดปัญหาการวิจัย
- 4.2 กำหนดกรอบแนวคิด
- 4.3 ตั้งสมมติฐานในการวิจัย
- 4.4 ทบทวนบทวรรณกรรมเอกสารงานที่เกี่ยวข้อง
- 4.5 รวบรวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
- 4.6 เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล พร้อมข้อเสนอแนะ
- 4.7 นำเสนอการวิจัย

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

แผน ดำเนิน งาน	กพ	มีค	เมย	พค	มิย	กค	สค	กย	ตค	พย	ธค	มค	กพ	มีค
1	↔													
2	↔	↔												
3	↔	↔												
4	↔	↔	↔											
5				↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔			
6				↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
7														↔

เวลาที่ใช้ในการวิจัยประมาณ 14 เดือน คาดว่าเริ่มงานวิจัยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.
2552 และจะนำเสนอวิทยานิพนธ์ ภายในเดือนมีนาคม 2553

5. ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดในเรื่องกลุ่มตัวอย่างของยาบ้าที่นำมาทำการทดลอง เนื่องจากตัวอย่างยาบ้ามีจำนวนและปริมาณน้อยจึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ด้านกายภาพ กับการตรวจพบเมทแอมเฟตามีนมิลลิกรัม/เม็ดได้ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาการตรวจหาปริมาณสารเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า โดยเทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID) และ Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) เป็นเกณฑ์

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทราบสถานะที่เหมาะสมในการตรวจหาปริมาณสารเมทแอมเฟตามีน (MA) โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID)

6.2 ทราบวิธีการตรวจหาปริมาณสารเมทแอมเฟตามีน (MA) แบบอื่นๆ เช่น ใช้เทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)

6.3 ทราบปริมาณสารเมทแอมเฟตามีน (MA) ในตัวอย่างยาบ้า เพื่อเป็นประโยชน์ในการคาดคะเนเมื่อเจ้าหน้าที่ตำรวจจับผู้เสพ หรือผู้ค้ายาได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

1. ความหมายของยาเสพติดให้โทษ

พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 กำหนดความหมายของคำว่า ยาเสพติดให้โทษไว้ คือ สารหรือยาที่อาจเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ ซึ่งเมื่อเสพเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะโดยการกิน ดม สูบ ฉีด หรือ ด้วยประการใดๆแล้ว จะทำให้เกิดผลต่อร่างกายและจิตใจในลักษณะสำคัญ เช่น ต้องเพิ่มขนาดการเสพขึ้นเรื่อยๆ มีอาการอยากยาเมื่อขาดยา มีความต้องการเสพทั้งร่างกายและจิตใจอย่างรุนแรงต่อเนื่อง และสุขภาพโดยทั่วไปจะทรุดโทรมลง (กรมพินิจคุ้มครองเด็กและเยาวชน 2552)

2. ประเภทของยาเสพติด

ประเภท 1 เช่น แอมเฟตามีน เมทแอมเฟตามีน เฮโรอีน LSD MDMA ฯลฯ

ประเภท 2 เช่น โคคาอีน โคลเคอีน มอร์ฟีน ฝิ่นสุก ฝิ่นดิบ มูลฝิ่น ฯลฯ

ประเภท 3 คำรับยาที่มีส่วนผสมยาเสพติดประเภท 2 ผสมอยู่ทุกชนิด ซึ่งต้องขออนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข เช่นยาแก้ไอที่มีส่วนผสมของโคเคอีน

ประเภท 4 เช่น acetic anhydride, acetyl chloride ฯลฯ

ประเภท 5 เช่น กัญชา พืชกระท่อม พืชฝิ่น พืชเห็ดขี้ควาย ฯลฯ

(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ศูนย์วิชาการสารเสพติดภาคเหนือ 2552)

3. ยาบ้า

ยาเสพติดให้โทษทั้งหมดอาจกล่าวได้ว่า ยาบ้าเป็นยาเสพติดที่ก่อปัญหาให้กับปวงชนชาวไทยในยุคปัจจุบันอย่างมากที่สุด การเสพยาบ้าได้แพร่กระจายไปในทุกวงการ รวมถึงศูนย์การค้าและโรงเรียน นักเรียน นักศึกษาไม่เพียงเสพยาบ้าเท่านั้น แต่ยังเป็นผู้ค้ายาบ้าอีกด้วย ก่อให้เกิดปัญหาระดับชาติ ซึ่งจะต้องแก้ไขให้ได้ในทันทีก่อนที่จะทำลายเยาวชนซึ่งเป็นทรัพยากรอันมีค่าเป็นอย่าง

ยั้ง ยาบ้าเป็นยาเสพติดสมัยใหม่ชนิดหนึ่งไม่เหมือนเฮโรอีน กัญชา หรือใบกระท่อม การเสพทำได้สะดวกกว่า คือ ใ้รับประทาน

ยาบ้าซึ่งก่อนหน้านี้ เรียกกันว่า ยาม้า หรือ ยาขยัน เพราะเชื่อกันว่าเมื่อเสพแล้วก็เหมือนม้าที่กำลังจะออกจากของ ต่อมาเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2539 กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศเปลี่ยนชื่อยาม้าเป็นยาบ้า

4. ลักษณะทั่วไปของยาบ้า

ยาบ้า มีลักษณะเป็นยาเม็ดกลมแบนขนาดเล็ก มีสีต่างๆ เช่น สีส้ม สีน้ำตาล สีม่วง สีชมพู สีเทา สีเหลือง และสีเขียว มีสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนเม็ดยา เช่น พ, M, PG, WY, สัญลักษณ์รูปดาว, รูปพระจันทร์เสี้ยว, 99 หรืออาจเป็นลักษณะของเส้นแบ่งครึ่งเม็ด ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้อาจปรากฏบนเม็ดยาด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน หรืออาจเป็นเม็ดเรียบทั้งสองด้านก็ได้ (รัตติยากร สำราญพิศ 2552)

5. วิธีการเสพยาบ้า

วิธีการเสพยาบ้ามี 4 วิธี ดังนี้

5.1 กิน เป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้เสพจนปัจจุบัน

5.2 ฉีดเข้าเส้น มักผสมยาเสพติดตัวอื่น เช่น ผงขาว หรือยากล่อมประสาท เป็นต้น

5.3 สูบ โดยบดคลุกกับบุหรี่ยาบ

5.4 สูดควันระเหย คล้ายคลึงกับวิธีสูบบุหรี่ แต่จะบดแล้วลนไฟโดยแบ่งเป็น

5.4.1 สูบป้อนผ่านน้ำ เพื่อลดการระคายเคือง

5.4.2 ใส่กระดาษฟรอยด์ เรียกว่า "เรือ" แล้วลนไฟ จึงใช้หลอดกาแฟ ดูดควันที่ระเหยออกมา เรียกว่า "จับมังกร" เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายในหมู่นักเรียนที่เสพติดในปัจจุบัน

6. ส่วนผสมของยาบ้า

ยาบ้าเป็นชื่อที่ใช้เรียกยาเสพติดที่มีส่วนผสมของสารเคมีประเภทแอมเฟตามีน (amphetamine) เป็นยาประเภทกระตุ้นระบบประสาททำให้ไม่่วงนอน สารประเภทนี้แพร่ระบาดอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน คือ แอมเฟตามีนซัลเฟต (amphetamine sulfate) เมทแอมเฟตามีน (methamphetamine) และเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ (methamphetamine hydrochloride) ซึ่งจากผลการพิสูจน์ยาบ้าปัจจุบันที่พบอยู่ในประเทศไทยมักพบว่า เกือบทั้งหมดมีเมทแอมเฟตามีนไฮโดรคลอไรด์ผสมอยู่ โครงสร้างของเมทแอมเฟตามีนต่างจากโครงสร้างของแอมเฟตามีน โดย

เมทแอมเฟตามีนจะมีหมู่ $-CH_3$ แทนที่ $-H$ บนหมู่ $-NH_2$ สารเมทแอมเฟตามีน (methamphetamine) พบถึงร้อยละ 95.5 ของตัวอย่าง 335 ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจ โดยมีเมทแอมเฟตามีนเฉลี่ย 17.2 ± 5.1 มิลลิกรัมต่อเม็ด รองลงมาพบสารคาเฟอีน (caffeine) เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 91 ของตัวอย่างที่นำมาตรวจ โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 67.5) มีประมาณคาเฟอีนอยู่ระหว่าง 45-60 มิลลิกรัมต่อเม็ด นอกจากนี้ยังมีสารอีเฟดรีน (ephedrine) เป็นส่วนประกอบในบางเม็ดมีเพียง 3 ตัวอย่างจาก 386 ตัวอย่างของยาบ้าที่มีเฮโรอีนผสมอยู่ประมาณ 1.1, 1.5, และ 2.3 มิลลิกรัม (Palanuvej et.al 1997: 73-80)

7. แอมเฟตามีน

แอมเฟตามีน (amphetamine) เป็นสารเสพติดที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น เป็นยาที่มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง อาจทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกกระปรี้กระเปร่า อารมณ์ครื้นเครงและถือว่าเป็นยาเสพติด ตามประกาศสำนักงานนายกรัฐมนตรี ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2530) ลงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2530 กำหนดให้เป็นยาเสพติด ตามความใน พระราชบัญญัติป้องกันและปราบปรามยาเสพติด พ.ศ. 2519 ดังนั้นผู้ผลิตนำเข้าส่งออก ผู้ครอบครอง ขาย หรือผู้เสพแอมเฟตามีน จึงมีความผิดเหมือนกับยาเสพติดให้โทษชนิดหนึ่ง

8. ประวัติและความเป็นมาของแอมเฟตามีน

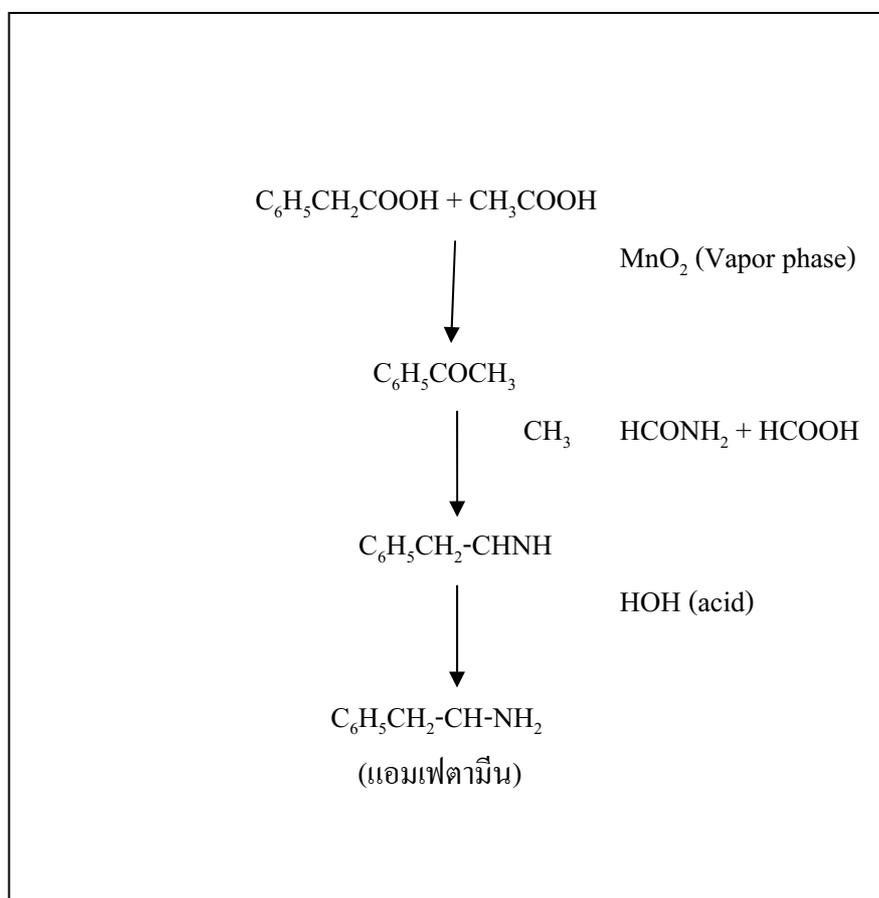
แอมเฟตามีน ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาครั้งแรกสำหรับใช้รักษาทางการแพทย์สามารถใช้ได้อย่างถูกกฎหมาย เพื่อรักษาอาการผิดปกติหลายอย่างและภาวะผิดปกติทางจิตใจ (ตัวอย่างเช่น โรคเหงาหลับ ภาวะขาดสมาธิ และภาวะซึมเศร้า) amphetamine sulphate ในรูปของ racemate form (เป็นรูปแบบที่โครงสร้างของโมเลกุลบิดเบนระนาบแสงแบบผสม) ถูกสังเคราะห์มาเป็นตัวแรก ในปี ค.ศ. 1887 และนำมาใช้รักษาในปี ค.ศ. 1932 ในรูปแบบยานัดดูที่สามารถหาซื้อกันได้ตามร้านค้าสำหรับรักษาอาการคัดจมูกและอาการหอบ ในปี ค.ศ. 1937 amphetamine sulphate ในรูปยาเม็ดผลิตขึ้น เพื่อรักษาโรคเหงาหลับ (narcolepsy) อาการ parkinsonism ที่เกิดขึ้นภายหลังจากภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาการซึมเศร้า และอาการอ่อนปวกเปียกไม่มีเรี่ยวแรง (lethargy) ในปี 1970 กว่าๆ ปัจจัยต่างๆทางสังคมและกฎระเบียบเริ่มเข้ามาหยุดยั้งการกระจายตัวอย่างแพร่หลายของแอมเฟตามีน ข้อบ่งใช้ของแอมเฟตามีนที่เหลืออยู่จึงจำกัดอยู่แค่การรักษาอาการขาดสมาธิ และการอยู่นิ่งไม่ได้ (attention-deficit/hyperactivity) โรคเหงาหลับ (narcolepsy) และอาการซึมเศร้า

แอมเฟตามีน ตัวสำคัญที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ dexamphetamine, methamphetamine, และ methylphenidate ยาเหล่านี้มีชื่อเรียกในหมู่คนเสฟกันว่า ice, crystal,

crystal meth, และ speed เมื่อจัดเป็นกลุ่มตามที่แบ่งกันทุกๆไปแล้ว แอมเฟตามีนจัดอยู่ในกลุ่ม sympathomimetic, stimulants (สารที่มีฤทธิ์กระตุ้น) และ psychostimulants (สารที่มีฤทธิ์กระตุ้นจิตใจ)

9. โครงสร้างทางเคมี

แอมเฟตามีน หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Phenyl-isopropylamine มีชื่อทางเคมีว่า (+)-2-amino-1-phenylpropane แอมเฟตามีนสังเคราะห์จาก phenylacetic และ acetic acids ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตแอมเฟตามีน

10. ลักษณะและคุณสมบัติของแอมเฟตามีน

ลักษณะแอมเฟตามีนมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย โดยทั่วไป ลักษณะของแอมเฟตามีน เมื่อนำไปทำยาบ้าแล้วมักจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ กลมแบน

เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 0.11 กรัม ต่อ 1 เม็ด มีสีขาว สีเหลือง สีน้ำตาล หลากสี トラประทับ คือ M/99, M/44, H/* เป็นต้น

แอมเฟตามีน มีสูตรเคมี $C_9H_{13}N$ น้ำหนักโมเลกุล 135.20 จุดเดือด 200-203 °C มีลักษณะเป็นของเหลวใส ระเหยได้ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อระเหยจะมีกลิ่นเอมิน คล้ายใบเจอราเนียม (geranium leaves) แอมเฟตามีนละลายได้ในแอลกอฮอล์ และอีเทอร์ ละลายในน้ำได้เล็กน้อย เมื่อละลายในน้ำสารละลายจะมีฤทธิ์เป็นเบส

แอมเฟตามีนซัลเฟต (amphetamine sulfate) มีสูตรเคมี $(C_9H_{13}N)_2 \cdot H_2SO_4$ น้ำหนักโมเลกุล 368.5 เป็นผงสีขาว ละลายในน้ำอัตราส่วน 1:9 ไม่ละลายในอีเทอร์หรือคลอโรฟอร์ม มีจุดหลอมเหลว 300 °C เสื่อมสภาพเมื่อรับความร้อนสูง

แอมเฟตามีนฟอสเฟต (amphetamine phosphate) มีสูตรเคมี $(C_9H_{13}N)_2 \cdot H_2PO_4$ น้ำหนักโมเลกุล 233.2 เป็นผลึกสีขาว ละลายได้ในน้ำและเอทานอล

แต่ในปัจจุบันยาบ้าเปลี่ยนเป็นสารเมทแอมเฟตามีน ซึ่งออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) รุนแรงกว่าสารแอมเฟตามีน แต่มีผลต่อระบบประสาทส่วนนอก (peripheral nervous system) น้อยกว่า ทำให้ผู้เสพพึงพอใจที่จะเสพยาเมทแอมเฟตามีนมากกว่า (ศูนย์วิชาการ 2552)

11. ประวัติและความเป็นมาของเมทแอมเฟตามีน

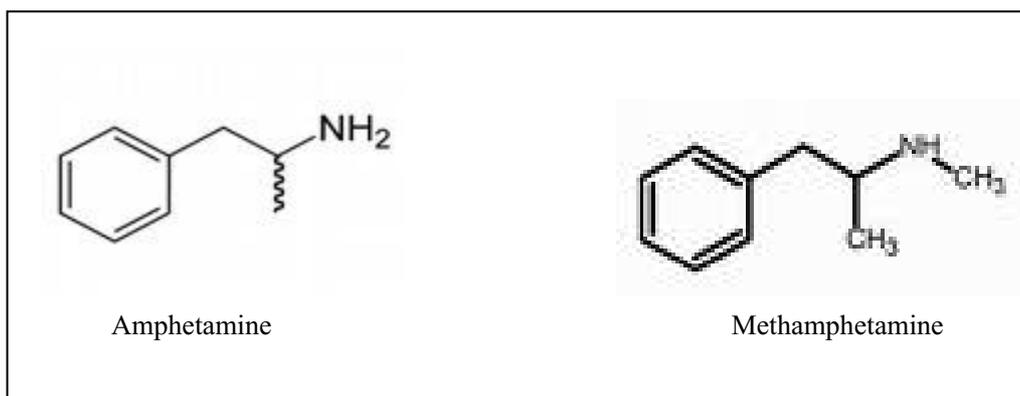
ปี ค.ศ. 1888 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นสามารถ สังเคราะห์อนุพันธ์ของแอมเฟตามีนได้อีกตัวหนึ่ง คือ เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) ซึ่งมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางได้ รุนแรงมากกว่าแอมเฟตามีน

12. ลักษณะและคุณสมบัติของเมทแอมเฟตามีน

เมทแอมเฟตามีน มีสูตรเคมี $C_{10}H_{15}N$ น้ำหนักโมเลกุล 149.23 จุดเดือด 172-174 °C (Wikipedia 2552)

13. ความแตกต่างโครงสร้างของแอมเฟตามีน และเมทแอมเฟตามีน

โครงสร้างของเมทแอมเฟตามีนต่างจากโครงสร้างของแอมเฟตามีน กล่าวคือ เมทแอมเฟตามีนจะมีหมู่ $-CH_3$ แทนที่หมู่ $-H$ บนหมู่ $-NH_2$ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ Amphetamine และ Methamphetamine

ที่มา: แอมเฟตามีน [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก www.chemtrack.org/BoardPicture/DP0-1116-2.jpg.

:เมทแอมเฟตามีน [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก www.fda.moph.go.th/news/image/meth.jpg.

14. อาการของผู้เสพยาบ้า

ยาบ้า เป็นยาเสพติดกระตุ้นระบบประสาท ทำให้ประสาทตึงเครียด ความคิดสับสน เกิดภาพหลอน เพื่อคลั่งคล้ายคนเป็นโรคจิตชนิดหวาดระแวงหรือเป็นบ้าได้ ตื่นเต้นง่าย พุดมาก มือสั่น เหงื่อออกมาก นอนไม่หลับ ปากและจมูกแห้ง ริมฝีปากแตก รุ่มนตาเบิกกว้าง หัวใจเต้นเร็ว ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร ประสาทตึงเครียด ความคิดสับสน เมื่อเสพยาไปนาน ๆ จะทำให้สมองเสื่อม เกิดอาการประสาทหลอน เห็นภาพลวงตา หวาดระแวง คลุ้มคลั่ง เสียสติ อาจทำร้ายตัวเองหรือผู้อื่นได้ หรือกรณีที่เสพยาในปริมาณมาก จะไปกดประสาทและระบบหายใจทำให้หมดสติ และถึงแก่ความตายได้ (กิตติ อากร 2552)

15. โทษที่ได้รับของการเสพยาบ้า

การเสพยาบ้าก่อให้เกิดโทษหลายประการ ดังนี้

15.1 ผลทางจิตใจ เมื่อเสพยาบ้าเป็นระยะเวลานานหรือใช้เป็นจำนวนมาก จะทำให้ผู้เสพยามีความผิดปกติทางด้านจิตใจ กลายเป็นโรคจิตชนิดหวาดระแวง ส่งผลให้มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป เช่น เกิดอาการหวาดกลัว ประสาทหลอนซึ่งโรคนี้หากเกิดขึ้นแล้ว อาการจะคงอยู่ตลอดไป แม้ในช่วงเวลาที่ไม่ได้เสพยาก็ตาม

15.2 ผลทางระบบประสาท ในระยะแรกจะออกฤทธิ์กระตุ้นประสาท ทำให้ประสาทตึงเครียด แต่เมื่อหมดฤทธิ์ยาจะมีการประสาทล้า ทำให้การตัดสินใจเรื่องต่างๆ ช้า และผิดพลาดหากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้สมองเสื่อม หรือกรณีที่ใช้ในปริมาณมาก (Overdose) จะไปกดประสาทและระบบการหายใจ ทำให้หมดสติและถึงแก่ความตายได้

15.3 ผลทางพฤติกรรมฤทธิ์ของยาจะกระตุ้นสมองส่วนที่ควบคุมความก้าวร้าวและความกระวนกระวายใจ ดังนั้น เมื่อเสพยาบ้าไปนานๆ จะก่อให้เกิดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ผู้เสพยาจะมีความก้าวร้าวเพิ่มขึ้นและหากยังใช้ต่อไปจะมีโอกาสเป็นโรคจิตชนิดหวาดระแวง เกรงว่า จะมีคนมาทำร้ายตนเองจึงต้องทำร้ายผู้อื่นก่อน

(สถานีตำรวจภูธร อุตรดิตถ์ 2552)

15.4 ผลทางกฎหมาย จัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 1 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 สรุปรูปข้อหาและบทลงโทษ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อหา และบทลงโทษของยาเสพติดให้โทษประเภทที่ 1

ข้อหา	ยาเสพติดให้โทษประเภท 1
ผลิต นำเข้า ส่งออก	- จำคุกตลอดชีวิต - ถ้ากระทำเพื่อจำหน่าย ประหารชีวิต - จำนวนเป็นสารบริสุทธิ์ 20 กรัมขึ้นไป ถือว่ากระทำเพื่อจำหน่าย
จำหน่าย ครอบครองเพื่อจำหน่าย	- จำนวนเป็นสารบริสุทธิ์ไม่เกิน 100 กรัม จำคุก 5 ปี ถึงตลอดชีวิต และปรับ 50,000 -500,000 บาท - จำนวนเป็นสารบริสุทธิ์เกิน 100 กรัม จำคุกตลอดชีวิตหรือประหารชีวิต
ครอบครอง	- จำนวนเป็นสารบริสุทธิ์ไม่ถึง 20 กรัม จำคุก 1-10 ปี และปรับ 10,000-100,000 บาท - จำนวนเป็นสารบริสุทธิ์ 20 กรัมขึ้นไป ถือว่าครอบครองเพื่อจำหน่าย
เสพ	- จำคุก 6 เดือน ถึง 10 ปี และปรับ 5,000-100,000 บาท

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อหา	ยาเสพติดให้โทษประเภท 1
ใช้อุบาย หลอกหลวง งู้อึ้งใช้กำลังประทุษร้าย ให้ผู้อื่นเสพ	- จำคุก 2-20 ปี และปรับ 20,000-200,000 บาท และถ้าเป็น การกระทำต่อหญิงหรือบุคคลซึ่ง ยังไม่บรรลุนิติภาวะ ระวางโทษประหารชีวิต - ถ้ากระทำโดยมีอาวุธหรือร่วมกัน 2 คนขึ้นไป จำคุก 4-30 ปี และปรับ 40,000-300,000 บาท
ยุยงส่งเสริมให้ผู้อื่นเสพ	จำคุก 1-5 ปี และปรับ 10,000-50,000 บาท

ที่มา: สถานีตำรวจภูธรจักราช นครราชสีมา, ผลทางกฎหมายครอบครองยาเสพติด [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://chakkarat.nmpp.go.th/web/law_detail.php?.

16. การตรวจพิสูจน์ยาบ้า

การตรวจพิสูจน์เมทแอมเฟตามีนมีหลักการ คือ คุณภาพ และปริมาณวิเคราะห์ เป็นการตรวจเพื่อหาเอกลักษณ์ จะได้ทราบว่าเป็นยาเสพติดหรือไม่ และเป็นยาเสพติดชนิดใด และมีน้ำหนักสารบริสุทธิ์เท่าใด (อรรถพล แซ่มสุวรรณวงศ์ และคณะ 2546: 266-267)

การวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนมีหลายเทคนิค โดยการวิเคราะห์หาทางคุณภาพและปริมาณ ได้แก่ เทคนิค Color Immunochromatographic Assay (CICA Technique) (Coretests 2552), Therapeutic drugs monitoring analysis (TDx) (ชิตี มหาเจริญ 2546: 26), Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) (Mitrevski et.al 2005: 11-21, Phonchai et.al 2007: 1-14), High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) (ชิตี มหาเจริญ 2546: 27) เป็นต้น

ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้เทคนิค Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID) ในการวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า

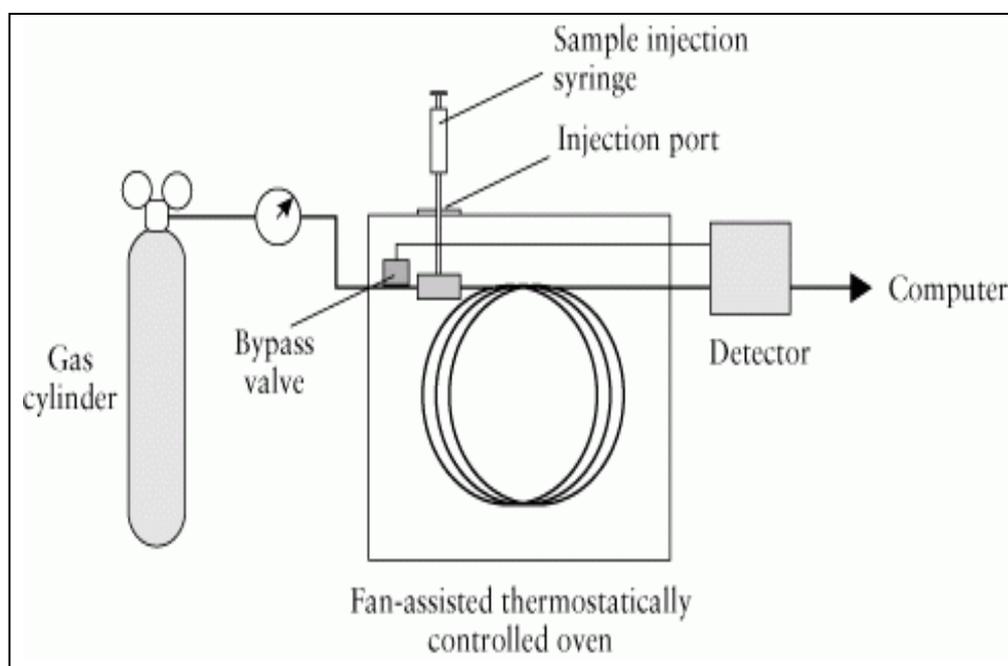
แต่ยังมีเทคนิคที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมในการวิเคราะห์ตรวจหาเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างยาบ้า คือ เทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) เนื่องจากเทคนิค NMR เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายสารตัวอย่าง จึงสามารถนำสารตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ โดยสารตัวอย่างอาจเป็นของแข็งของเหลว และก๊าซได้ (อมรสิทธิ์ แม้น และคณะ 2539: 206)

17. เทคนิค Gas Chromatography (GC)

เทคนิคนี้ใช้แยกสารที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นแก๊สเฟสที่อุณหภูมิหนึ่ง (ไม่เกิน 450 °C) เมื่อสารนั้นถูกเปลี่ยนให้อยู่ในแก๊สเฟสแล้ว แก๊สเฟสเหล่านั้นผ่านเข้าไปคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสเคลื่อนที่ (stationary phase) โดยอาศัยการพาไปของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) หรือ carrier gas สารผสมเหล่านั้นที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่และการกระจายตัวผ่านเฟสคงที่ต่างกันจะแยกออกจากกัน (วนิดา คูอมรพัฒนา 2552)

17.1 องค์ประกอบเครื่อง GC

องค์ประกอบเครื่อง GC ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 องค์ประกอบเครื่อง GC

ที่มา: อมรสิทธิ์ แม้น และเพชรสม อมร, หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2539), 812.

ถังแก๊สที่ใช้บรรจุตัวพา (Carrier gas) เพื่อพาไอของสารตัวอย่างผ่านเข้าไปยังคอลัมน์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฮีเลียม และอาร์กอน เป็นต้น

ส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของแก๊สต่างๆ (Flow controller) ได้แก่ ไฮโดรเจน อากาศ และไนโตรเจน เป็นต้น

ส่วนที่ฉีดสารตัวอย่างเข้าไป (Injection port)

คอลัมน์ (Column) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ใช้สำหรับแยกสาร
 ดีเทคเตอร์ (Detector) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกมาจาก
 คอลัมน์

ส่วนที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) ให้กับคอลัมน์ดีเทคเตอร์ และ
 Injector

ส่วนที่ใช้ประมวลผลและข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อินทิเกรเตอร์ เครื่องบันทึกโครมาโทแกรม
 หรือ Data processor หรือคอมพิวเตอร์

17.2 การวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยเทคนิค GC

การวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยใช้เทคนิค GC นั้น คือ เมื่อเลือกสถานะต่างๆของการ
 วิเคราะห์และจัดสถานะของเครื่อง GC ให้เรียบร้อยแล้ว จึงนำสารตัวอย่างไปฉีดเข้าที่ Sample
 injection port สารจะกลายเป็นไอ และถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยแก๊สพา (Carrier gas) อย่างช้า
 สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ ที่คอลัมน์นี้ แล้วออกไปสู่ดีเทคเตอร์ (Detector) จะทำให้ได้
 สัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งสามารถเขียนออกมาเป็นโครมาโทแกรมด้วยเครื่อง Recorder หรือต่อเข้ากับ
 Printer หรือ Integrator ก็จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถทราบองค์ประกอบของสารตัวอย่างได้
 (อมรสิทธิ์ แม้น และคณะ 2539: 812)

18. เทคนิค Nuclear magnetic resonance (NMR)

เทคนิค Nuclear magnetic resonance (NMR) เริ่มต้นเมื่อปี ค.ศ. 1946 โดยนักฟิสิกส์ 2
 กลุ่ม (อมรสิทธิ์ แม้น และคณะ 2539: 206) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความสำคัญ และได้รับความนิยมนมาก
 ที่สุดในการนำไปใช้หาโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถนำไป
 ประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบ หรือพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารที่มีโครงสร้างหลากหลาย จึงเป็น
 ประโยชน์กับงานหลายๆด้าน เช่น เคมีสังเคราะห์ เคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เคมีพอลิเมอร์ เกษษวิทยา
 และเคมีทางการแพทย์ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิทยาศาสตร์ 2552) เครื่องมือชนิดนี้มีจำหน่าย
 เป็นครั้งแรกในช่วงทศวรรษที่ 1956

18.1 ทฤษฎีของ NMR

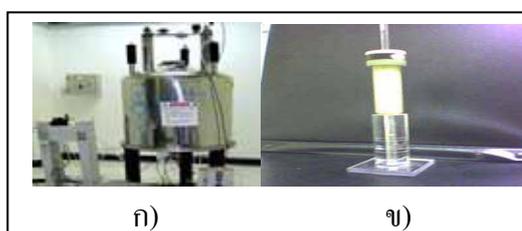
Nuclei จะเกิดการหมุน (spinning) อยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะ nuclei มีประจุ ซึ่งประจุที่
 อยู่ในขณะหมุน (spinning charges) จะสร้างสนามแม่เหล็ก และจะประพุดิตัวเป็นเหมือนแท่ง
 แม่เหล็กอันเล็กๆ nuclei สำคัญๆที่ใช้ในการศึกษาหาโครงสร้างของสารอินทรีย์ คือ ^1H และ ^{13}C
 (spin $\neq 0$) แต่สำหรับ ^{12}C และ ^{16}O ที่มีอยู่ในปริมาณมากในธรรมชาติ แต่ไม่สามารถให้ spectrum
 ได้ เนื่องจากไม่มี spin (spin = 0)

เมื่อ nuclei ที่กำลังหมุนผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็กกำลังสูง nuclei เหล่านี้จะเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันกับสนามหรือจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับสนาม nuclei ที่วางตัวไปในทิศทางเดียวกันกับสนามจะมีพลังงานต่ำกว่า nuclei ที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับสนามเล็กน้อย เมื่อเราให้พลังงานในช่วงความถี่คลื่นวิทยุ (radiofrequency; rf) เข้าไป จะไปกระตุ้น nuclei ที่อยู่ในระดับพลังงานที่ต่ำ (lower energy state) ให้ขึ้นไปอยู่บนระดับพลังงานที่สูงกว่า (บางที่เราอาจจะเรียกว่า spin เกิดการ "flip")

ความห่างของระดับพลังงาน (energy gap) ทั้งสองระดับดังกล่าวขึ้นอยู่กับความแรงของสนามแม่เหล็กที่ใส่เข้าไป ถ้าสนามแม่เหล็กที่ใส่แรงมากจะทำให้ระยะห่างมีมากขึ้น ความแรงของสนามแม่เหล็กที่ให้จะอยู่ในช่วง 1.4 ถึง 4.0 tesla (T) (ถ้าเปรียบเทียบกับความแรงของสนามแม่เหล็กโลกจะมีเพียง 0.0007 T เท่านั้นเอง) ด้วยความแรงของสนามแม่เหล็กดังกล่าวจะทำให้ความห่างของระดับพลังงานเทียบเท่ากับ 60 - 600 MHz (megahertz; 1MHz = 10⁶ Hertz หรือ 10⁶ รอบ/วินาที) หรือเท่ากับ 6 - 60 x 10⁶ kcal/mol เมื่อเราคิดในเชิงเคมี ถึงแม้ว่าความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานจะต่ำแต่เทคนิคนี้ก็ให้ความแม่นยำที่สูง

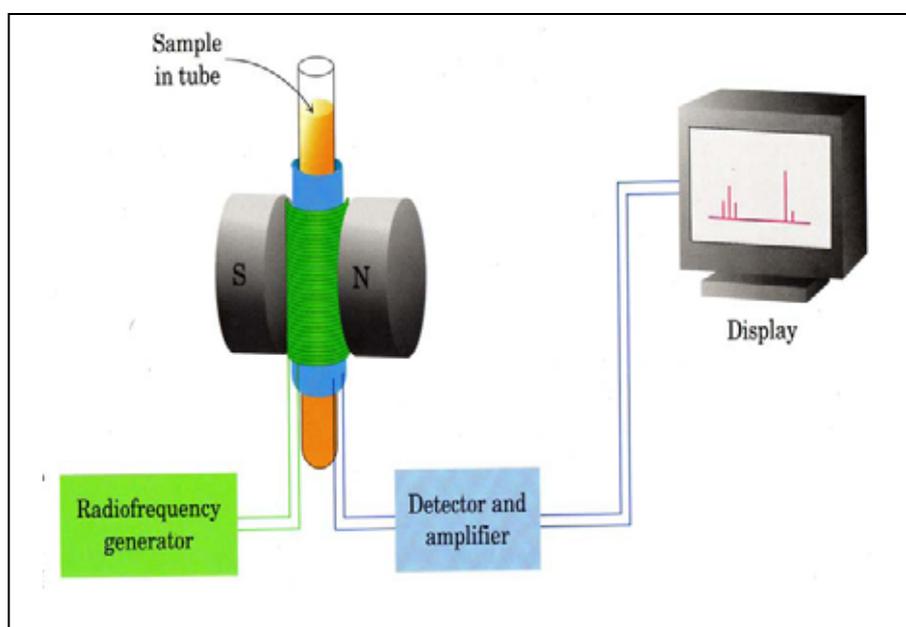
18.2 การวัดค่าพลังงานสาร (chemical shift) โดยเทคนิค NMR

การวัด NMR spectrum (Measuring of NMR spectrum) โดยปกติ ¹H NMR spectrum ของสารตัวอย่างใดๆ ทำได้โดยการนำเอาสารตัวอย่างนั้นมาประมาณ 2 - 3 mg มาละลายในตัวทำละลายที่ไม่มี ¹H อยู่ เช่น CCl₄ หรือตัวทำละลายที่มีการแทนที่ hydrogen (H) ด้วย deuterium (D) แล้ว ซึ่งเรียกว่า deuterated solvent เช่น CDCl₃, CD₃OD แล้วใส่สารอ้างอิง (reference) ลงไปด้วย โดยทั่วไปจะเป็น tetramethylsilane (TMS; (CH₃)₄Si) นำเอาสารละลายที่ได้มาบรรจุหลอดแก้วผนังบางซึ่งโดยปกติจะทำด้วย quartz (ปัญหา พูล โภค 2552) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ก) ถังใส่แม่เหล็กของเครื่อง NMR spectrum ข) หลอดใส่สารตัวอย่าง
ที่มา: ชีรยุทธ วิไลวัลย์ และวรวรรณ พันธุมนาวิน, ส่วนประกอบของเครื่อง NMR spectrum [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265_04_TV/nmr-265.pdf.

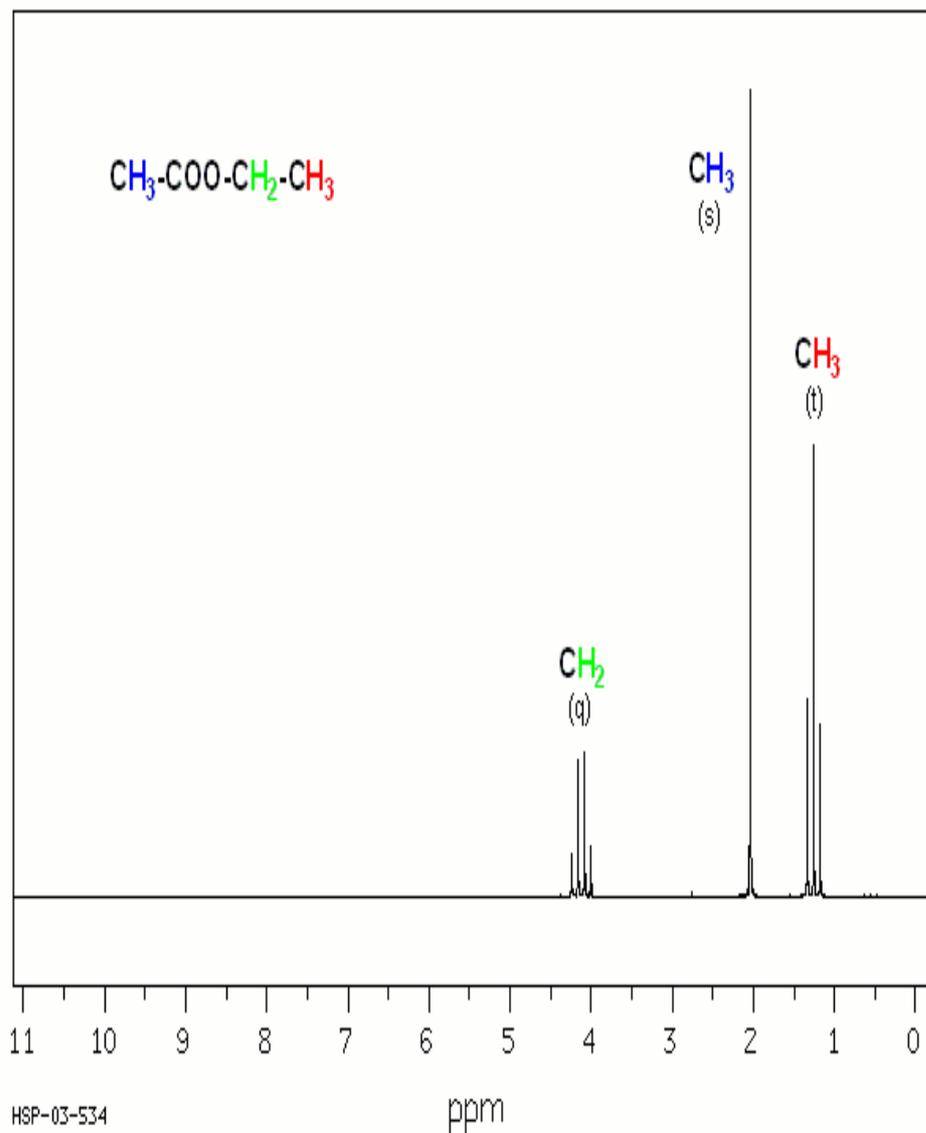
หลังจากนั้นจะนำหลอดใส่ลงไปใน radiofrequency (rf) coil ซึ่งจะวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กกำลังสูงทำให้ nuclei เกิดการวางตัวแบบขนานหรือสวนทางกับสนามแม่เหล็ก หลังจากนั้นเราจะเพิ่มพลังงานให้แก่ nuclei ไปเรื่อยๆโดยใช้ rf coil จนกระทั่งมีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงาน ณ จุดนี้ nuclei ก็จะ absorb พลังงานเข้าไปทำให้ nuclei เคลื่อนที่จากระดับพลังงานต่ำไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่าปรากฏการณ์นี้เราเรียกว่าเกิดการ resonance ซึ่งจะเรียกเต็มๆว่า nuclear magnetic resonance การ plot ระหว่างพลังงานที่ถูกดูดโดย nuclei ของสารตัวอย่างกับความถี่ของ rf coil ที่ให้จะได้เป็น NMR spectrum (บัญชา พูล โภค 2552) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่อง NMR spectrum

ที่มา: ชีรยุทธ วิไลวัลย์ และวรวรรณ พันธุมนาวิน, ส่วนประกอบของเครื่อง NMR spectrum [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265_04_TV/nmr-265.pdf.

ในทางทฤษฎีจะให้สนามแม่เหล็ก (applied magnetic field) คงที่และจะแปรค่า rf frequency แต่ในทางปฏิบัติเราจะให้ rf frequency คงที่ แต่จะแปรค่าความแรงของสนามแม่เหล็กแทน เมื่อเกิดการ absorb เราจะทำการวัดค่าความแรงของสนามแม่เหล็กแล้วจึงแปลงให้อยู่ในรูปความถี่แทน spectrum โดยทั่วไปจะถูกบันทึกในลักษณะนี้ ซึ่งโดยทั่วไปความแรงของสนามแม่เหล็กจะเพิ่มจากขวาไปซ้าย (บัญชา พูล โภค 2552) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ^1H NMR spectrum ของเอทิลอะซิเตต

ที่มา: ลัดดาวัลย์ สำเภารัตน์, NMR [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 17 มิถุนายน 2552. เข้าถึงได้จาก <http://www.chemistry.sc.chula.ac.th>.

จากการที่ NMR สามารถบอกจำนวนนิวเคลียสที่อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ นั้นได้ ทำให้สามารถใช้ NMR หาปริมาณของสารประกอบในสารผสมใดๆ โดยการหาจากพื้นที่ใต้พีคของนิวเคลียสนั้นๆ กับสารมาตรฐานภายใน (internal standard) ที่เหมาะสมได้ (ลัดดาวัลย์ สำเภารัตน์ 2552)

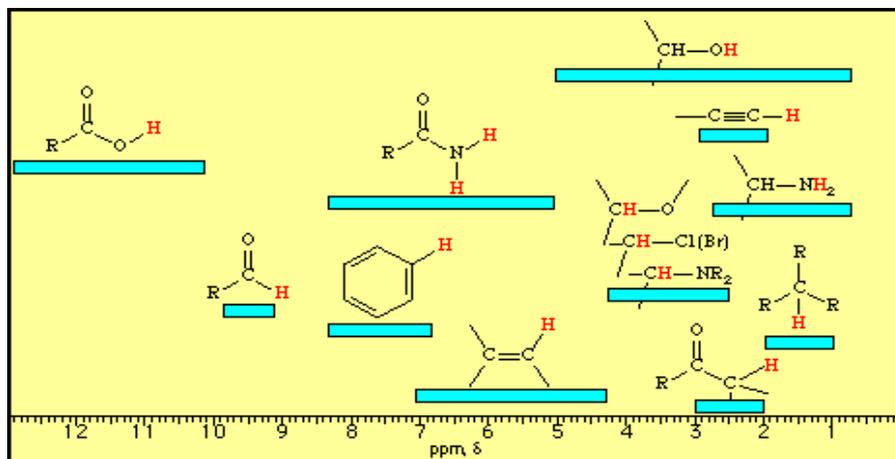
18.3 ค่า chemical shift ของโปรตอนชนิดต่างๆ จะอยู่ในช่วงดังปรากฏในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า chemical shift ของโปรตอนชนิดต่างๆ เทคนิค NMR

ชนิดของโปรตอน	โครงสร้าง	Chemical Shift, ppm
Cyclopropane	C_3H_6	0.2
Primary	$R-CH_3$	0.9
Secondary	R_2-CH_2	1.3
Tertiary	R_3-C-H	1.5
Vinylic	$C=C-H$	4.6-5.9
Acetylenic	triple bond, $C\equiv C-H$	2.0-3.0
Aromatic	$Ar-H$	6-8.5
Benzylic	$Ar-C-H$	2.2-3
Allylic	$C=C-CH_3$	1.7
Fluorides	$H-C-F$	4-4.5
Chlorides	$H-C-Cl$	3.0-4.0
Bromides	$H-C-Br$	2.5-4
Iodides	$H-C-I$	2.0-4.0
Alcohols	$H-C-OH$	3.4-4
Ethers	$H-C-OR$	3.3-4
Esters	$RCOO-C-H$	3.7-4.1
Esters	$H-C-COOR$	2-2.2
Acids	$H-C-COOH$	2-2.6
Carbonyl Compounds	$H-C-C=O$	2-2.7
Aldehydic	$R-(H)C=O$	9.0-10.0

ที่มา: บัญชา พูลโภค, ฤทธิ์ของ NMR [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Spectro.pdf.

หรืออาจแสดงเป็นตำแหน่งบนสเปกตรัมได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตำแหน่งบนสเปกตรัมของเทคนิค NMR

ที่มา: บัญชา พูลโลก, ทฤษฎีของ NMR [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Specto.pdf.

19. งานวิจัยที่ผ่านมาที่ดำเนินการวิเคราะห์ตรวจหาตัวอย่างยาเสพติดโดยใช้เทคนิค GC และ NMR

Youngchan et al. (1993) ตรวจหา MA และ AM ในสารน้ำของผู้เสียชีวิต 11 ราย ได้แก่ เลือด และน้ำปัสสาวะ ด้วยเทคนิค GC-FID ผลปรากฏว่า สามารถตรวจพบโดยเฉพาะผู้เสียชีวิตที่เสพยาปริมาณมาก และเสพยาเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ ยังสามารถตรวจพบ MA ในความเข้มข้นที่สูงกว่าเนื้อเยื่ออื่นๆ

Furnari et al. (1998) ทดสอบหาปริมาณของสาร 3,4-methylenedioxyamphetamine ด้วยเทคนิค UV spectrophotometre, thin-layer chromatography, GC-FID, GC-MS-EI, และ GC-MS-CI ผลปรากฏว่า UV, และ thin-layer chromatography สามารถยืนยันว่าเป็นสาร methylenedioxyamphetamine และเทคนิค GC-FID, GC-MS-EI, และ GC-MS-CI สามารถบอกปริมาณและส่วนประกอบของโมเลกุลอื่นๆได้ เช่น MDP-2-MB, MBDB, MDP-2-B, และ MDP-2-MMB

Palanuvej et al. (1997) วิเคราะห์ส่วนประกอบของยาบ้าในตลาดมืด ด้วยเทคนิค GC-FID ทำการทดลองตัวอย่างยาบ้า 335 ตัวอย่าง ผลปรากฏว่า ตัวอย่างยาบ้าที่มีเมทแอมเฟตามีนอย่างเดียว 28 ตัวอย่าง (ร้อยละ 8.4) ตัวอย่างยาบ้าที่มีเมทแอมเฟตามีนกับคาเฟอีน 247 ตัวอย่าง (ร้อยละ 73.7) ตัวอย่างยาบ้าที่มีเมทแอมเฟตามีน คาเฟอีน และเอพริดรีน 45 ตัวอย่าง (ร้อยละ 13.4) ตัวอย่าง

ยาบ้าที่มีแอมเฟตามีน 1 ตัวอย่าง และตัวอย่างยาบ้าที่มีไอโซแอมเฟตามีน หรือเมทแอมเฟตามีน 14 ตัวอย่าง (ร้อยละ 4.2)

Katagi et al. (2001) ค้นหาวรรณกรรมเรื่องเทคนิคการตรวจสอบสาร AP ในยาเสพติดของประเทศญี่ปุ่น ผลปรากฏว่า โครงสร้าง AP ในทางนิติวิทยาศาสตร์จะดำเนินการวิเคราะห์ซึ่งเฉพาะเจาะจงองค์ประกอบของสารด้วยเทคนิค mass spectrometry, NMR, และ IR

Puthaviriyakorn et al. (2002) ศึกษาส่วนประกอบ และคุณลักษณะของกลุ่มยาบ้าของประเทศไทย ด้วยเทคนิค GC ผลปรากฏว่า มีองค์ประกอบ 9 ชนิดในยาบ้า คือ 1,2-dimethyl-3-phenylazane, ephedrine, methylephedrine, N-formylmethamphetamine, N-acetylmethamphetamine, N-for-mylephedrine, N-acetylephedrine, N,O-diacetylephedrine, methamphetamine dimer

Ottaviano et al. (2002) ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบ di (β -phenylisopropyl) amine ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของยาเสพติด amphetamine ในตลาดมืดของกรุงโรม ประเทศอิตาลี ระหว่างปี 1999-2000 ผลปรากฏว่า การวิเคราะห์โดยเทคนิค ultraviolet และ NMR สามารถบ่งบอกคุณลักษณะเฉพาะได้ดีพอกับเทคนิค chromatographic, gas chromatographic, และ mass spectrometric

Dayrit et al. (2004) ศึกษาส่วนประกอบในการผลิตของยาเสพติด methamphetamine hydrochloride ของประเทศฟิลิปปินส์ ด้วยเทคนิค GC-FID และ GC-MS ผลปรากฏว่า ยาเสพติดสามารถแยกซึ่งเฉพาะเจาะจงถึงองค์ประกอบของตัวอย่าง methamphetamine hydrochloride คือ p-bromotoluene, N-benzyl amphetamine, N-ethyl amphetamine, N-ethyl methamphetamine, phenyl-2-propanone (P2P), N,N-dimethyl amphetamine, N-formyl amphetamine และ internal standards 3 ชนิด

Adam et al. (2005) วิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ กับทางเคมีของยาบ้า ด้วยเทคนิค GC-FID ทำการทดลองตัวอย่างยาบ้า 298 ตัวอย่าง ที่ตำรวจจับกุมได้ระหว่าง เดือนตุลาคม 2003-เดือนพฤษภาคม 2004 ผลปรากฏว่า ตัวอย่างยาบ้า 298 ตัวอย่างมีสัญลักษณ์ คือ wY 209 ตัวอย่าง, wy 47 ตัวอย่าง, WY 15 ตัวอย่าง, R 13 ตัวอย่าง, Wy 12 ตัวอย่าง, OK 1 ตัวอย่าง, 888 1 ตัวอย่าง น้ำหนักเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด 0.0914 ± 0.007 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด 6.019 ± 0.004 มิลลิเมตร ความหนาเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด 3.027 ± 0.136 มิลลิเมตร ปริมาณ MA และ caffeine 21.76 ± 6.39 mg% และ 62.43 ± 9.15 mg% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ กับทางเคมีของยาบ้า ด้วย ANOVA พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างยาบ้ามีความแตกต่างตามสัญลักษณ์ ($p < 0.05$)

Mitrevski et al. (2005) วิเคราะห์ตรวจหากกลุ่มยาเสพติด AM คือ AM, MA, MDA, MDMA, MDEA, และ MDBD ด้วยเทคนิค GC-FID ผลปรากฏว่า สามารถตรวจพบองค์ประกอบของกลุ่มยาเสพติด AM

Phonchai et al. (2007) พัฒนาเทคนิคในการวิเคราะห์ MDMA, MDA, และ MA ในตัวอย่างยาเสพติด ด้วยเทคนิค GC-FID ผลปรากฏว่า สามารถแยกออกจากกันได้ภายในเวลา 10.5 นาที กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 3.125-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สำหรับ MDMA 6.25-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร MDA, และ MA 6.25-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

บทที่ 3
สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. สารเคมีการทดลอง

ตารางที่ 4 สารเคมีในการทดลอง

สารเคมี	แหล่งที่มา
Methanol	BDH
Diphenylamine	fluka
Methamphetamine Hydrochloride (MA) 99.9%	Sigma
Amphetamine Hydrochloride (AP) 99.9%	Sigma
Caffeine	fluka
Tetramethylsilane (TMS)	Alltech
CDCl ₃	Alltech

2. อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง

ตารางที่ 5 อุปกรณ์ และเครื่องมือการทดลอง

เครื่องมือ	ยี่ห้อ
Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID)	Shimadzu (GC-17A)
Column	SGE code HP-5
Syringes	SGE, Austrelia (10 µL)

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เครื่องมือ	ยี่ห้อ
Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)	Bruker (Avance 300)
centrifuge	Hettich, EBA 8

3. วิธีการทดลอง

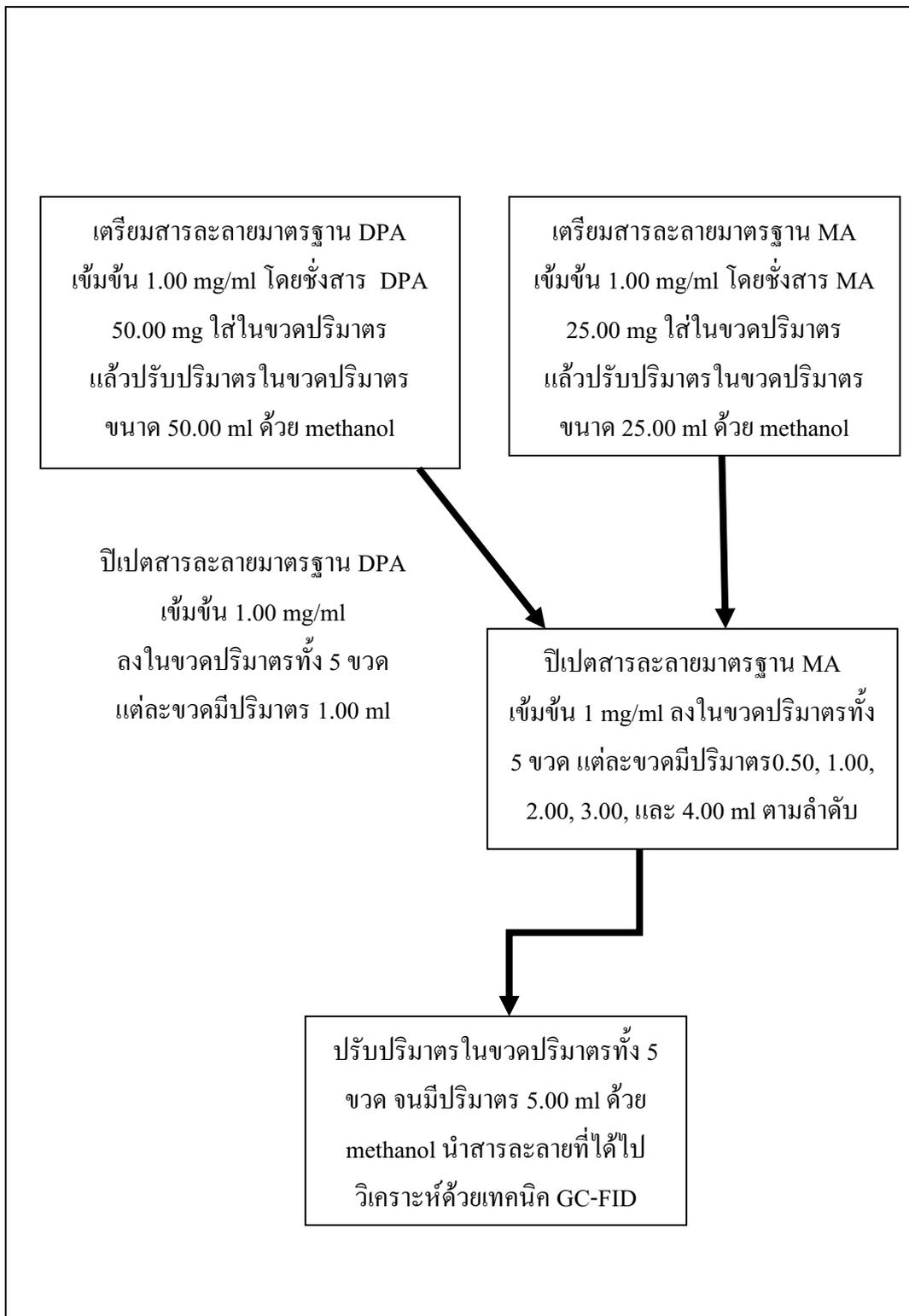
3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า

3.1.1 นำตัวอย่างยาบ้าจากแหล่งต่างๆในประเทศไทยทั้งหมด 15 ตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ชั่งน้ำหนัก ตรวจสอบสัญลักษณ์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความหนา

3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA และตัวอย่างยาบ้าเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID)

3.2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน DPA เข้มข้น 1.00 mg/ml ซึ่งใช้เป็น internal standard โดยชั่งสารมาตรฐาน DPA 50.00 mg ใส่ในขวดปริมาตร แล้วปรับปริมาตรในขวดปริมาตรขนาด 50.00 ml ด้วย methanol

3.2.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA โดยเตรียม stock solution ของสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 1.00 mg/ml โดยชั่งสารมาตรฐาน MA 25.00 mg ใส่ในขวดปริมาตร แล้วปรับปริมาตรในขวดปริมาตรขนาด 25.00 ml ด้วย methanol หลังจากนั้น ปิเปิดจาก stock solution ปริมาตร 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, และ 4.00 ml ตามลำดับ ลงในขวดปริมาตรขนาด 5.00 ml จากนั้นปิเปิดสารละลายมาตรฐาน DPA ปริมาตร 1.00 ml (จาก stock solution ข้อ 3.2.1) ลงในขวดปริมาตร แล้วปรับปริมาตรในขวดปริมาตรจนมีปริมาตร 5.00 ml ด้วย methanol แสดงดังภาพที่ 8 และตารางที่ 6

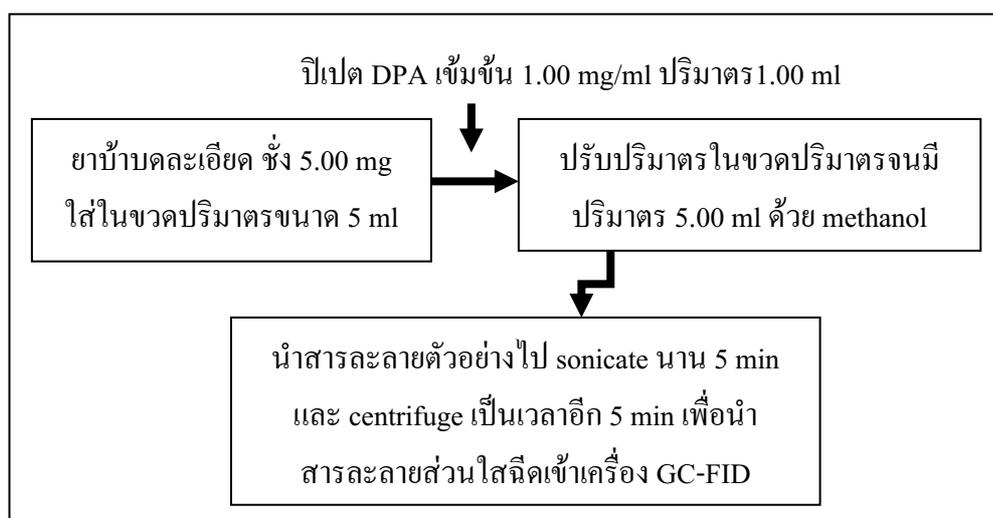


ภาพที่ 8 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID

ตารางที่ 6 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID

Std. MA ความเข้มข้น (mg/ml)	วิธีการเตรียม		
	ปิเปต Std. MA เข้มข้น 1 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต DPA เข้มข้น 1 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปรับปริมาตรในขวด ด้วย methanol จน ได้ปริมาตรสุดท้าย (ml)
0.10	0.50	1.00	5.00
0.20	1.00	1.00	5.00
0.40	2.00	1.00	5.00
0.60	3.00	1.00	5.00
0.50	4.00	1.00	5.00

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างยาบ้าโดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 5.00 mg ปิเปตสารละลายมาตรฐาน DPA 1.00 ml (จาก stock solution ข้อ 3.2.1) จากนั้นปรับปริมาตรในขวดปริมาตรจนมีปริมาตร 5.00 ml ด้วย methanol นำสารละลายตัวอย่างไป sonicate นาน 5 min และนำมา centrifuge เป็นเวลานาน 5 min เพื่อนำสารละลายส่วนใสฉีดเข้าเครื่อง GC-FID แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 วิธีการเตรียมตัวอย่างยาบ้า เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID

3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA, caffeine, และตัวอย่างยาบ้าเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)

3.3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน TMS ที่มีความเข้มข้น 1.67 mg/ml ซึ่งใช้เป็น internal standard โดยเตรียม stock solution ปิเปตสารละลายมาตรฐาน TMS ปริมาตร 0.12 ml ใส่ลงในสารละลาย $CDCl_3$ ที่มีปริมาตร 66.67 ml

3.3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 5 ความเข้มข้น คือ

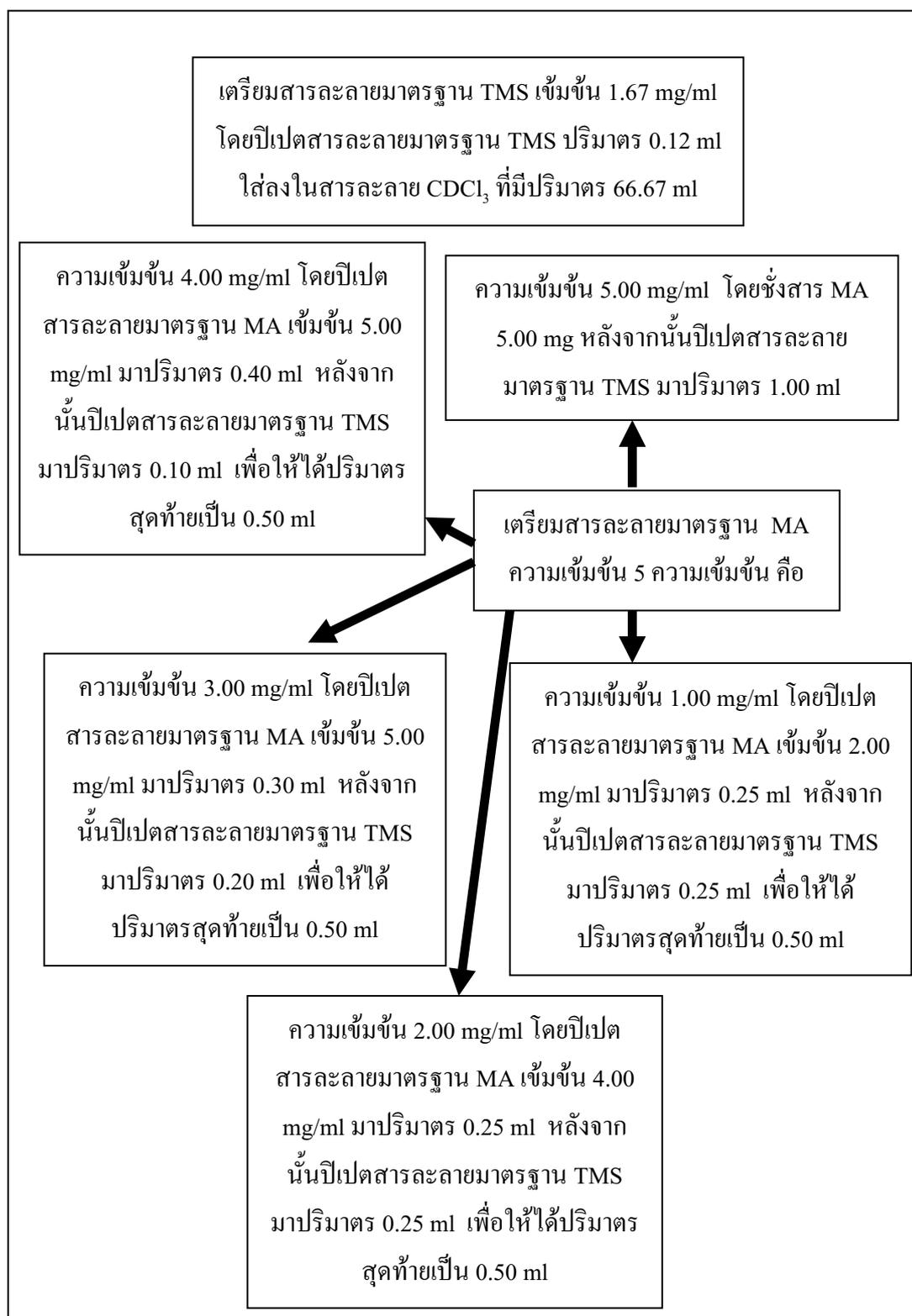
3.3.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 5.00 mg/ml โดยชั่งสารมาตรฐาน MA 5.00 mg หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 1.00 ml

3.3.2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 4.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 5.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.2.1 มาปริมาตร 0.40 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.10 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 3.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 5 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.2.1 มาปริมาตร 0.30 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.20 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 2.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน MA 4.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.2.2 มาปริมาตร 0.25 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.25 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.2.5 เตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เข้มข้น 1.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน MA 2.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.2.4 มาปริมาตร 0.25 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.25 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml ดังภาพที่ 10 และตารางที่ 7



ภาพที่ 10 วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

ตารางที่ 7 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน MA เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

Std. MA ความเข้มข้น (mg/ml)	วิธีการเตรียม				
	ซั่งสาร MA (mg)	ปิเปต Std. MA เข้มข้น 5.00 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต Std. MA เข้มข้น 2.00 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต Std. MA เข้มข้น 1.00 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต TMS เข้มข้น 1.67 mg/ml มาปริมาตร (ml)
1.00	-	-	-	0.25	0.25
2.00	-	-	0.25	-	0.25
3.00	-	0.30	-	-	0.20
4.00	-	0.40	-	-	0.10
5.00	5.00	-	-	-	1.00

3.3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 5 ความเข้มข้น คือ

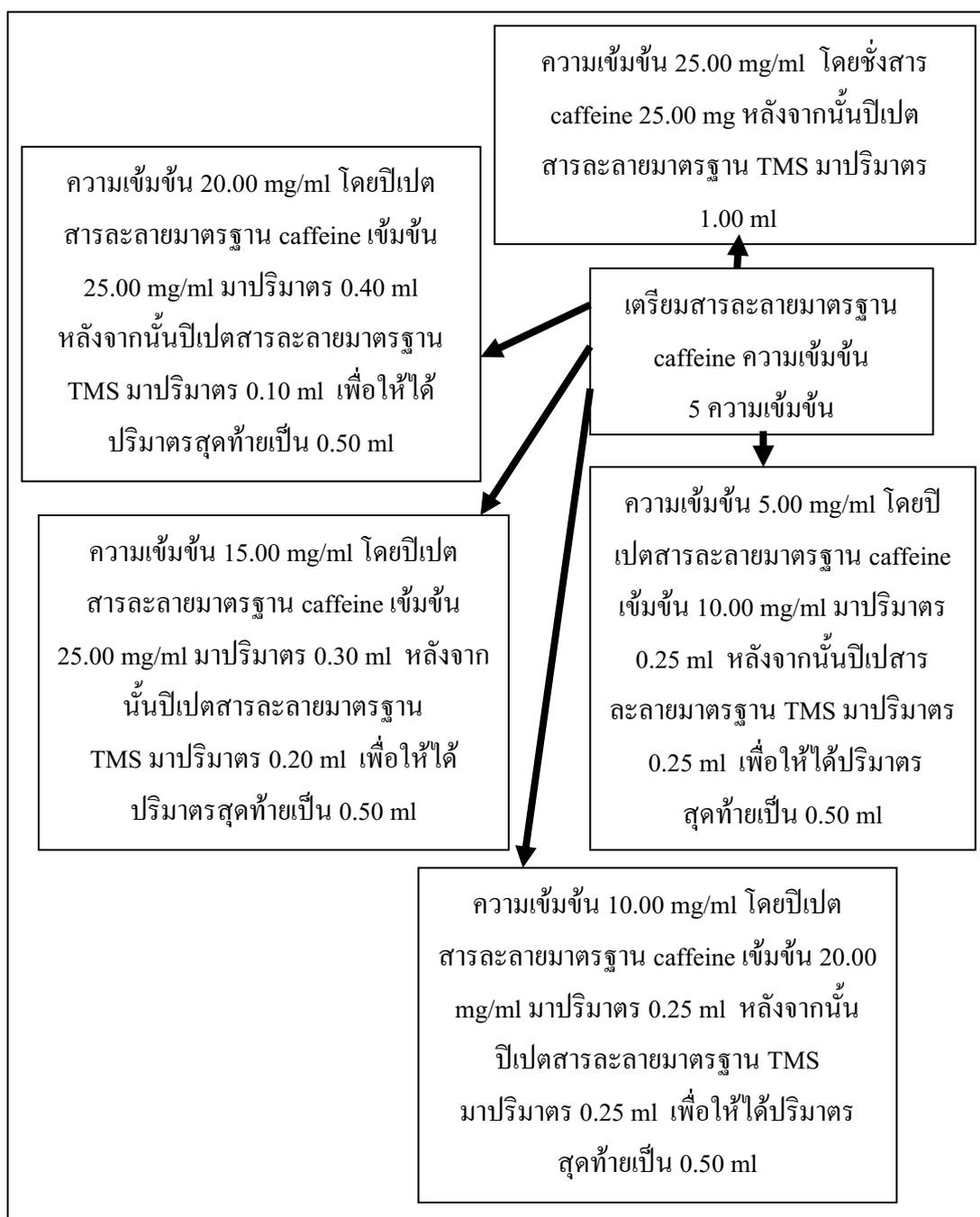
3.3.3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 25.00 mg/ml โดยซั่งสารมาตรฐาน caffeine 25.00 mg หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 1.00 ml

3.3.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 20.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 25.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.3.1 มาปริมาตร 0.40 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.10 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.3.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 15.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 25 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.3.1 มาปริมาตร 0.30 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.20 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.3.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 10.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน caffeine 20.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.3.2 มาปริมาตร 0.25 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.25 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml

3.3.3.5 เตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เข้มข้น 5.00 mg/ml โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน caffeine 10.00 mg/ml จาก stock solution ในข้อ 3.3.3.4 มาปริมาตร 0.25 ml หลังจากนั้นปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 0.25 ml เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 0.50 ml ดังภาพที่ 11 และตารางที่ 8

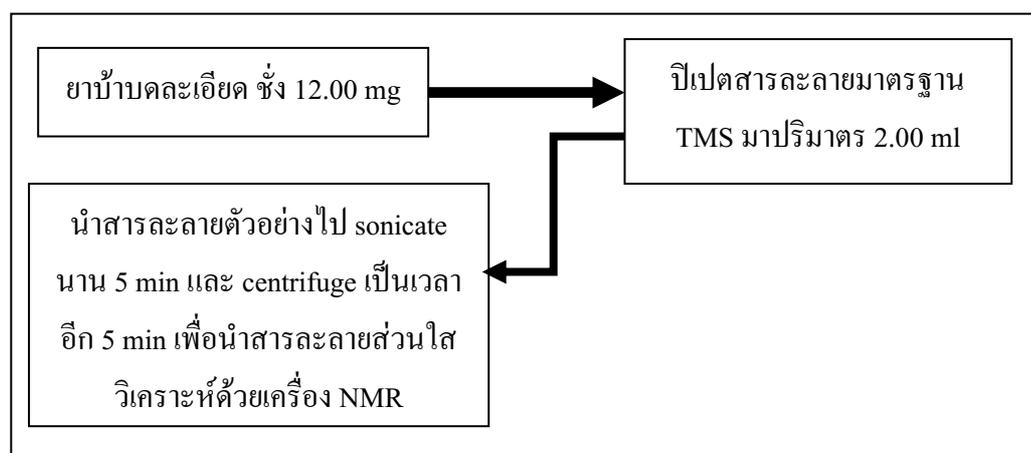


ภาพที่ 11 วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

ตารางที่ 8 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน caffeine เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

Std. caffeine ความเข้มข้น (mg/ml)	วิธีการเตรียม				
	ชั่งสาร caffeine (mg)	ปิเปต Std. caffeine เข้มข้น 25.00 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต Std. caffeine เข้มข้น 20 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต Std. caffeine เข้มข้น 10 mg/ml มาปริมาตร (ml)	ปิเปต TMS เข้มข้น 1.67 mg/ml มาปริมาตร (ml)
5.00	-	-	-	0.25	0.25
10.00	-	-	0.25	-	0.25
15.00	-	0.30	-	-	0.2
20.00	-	0.40	-	-	0.10
25.00	25.00	-	-	-	1.00

3.3.4 การเตรียมตัวอย่างยาบ้าโดยชั่งตัวอย่างยาบ้าที่บดละเอียด 12.00 mg ปิเปต stock solution ข้อ 3.3.1 มาปริมาตร 2.00 ml นำสารละลายตัวอย่างไป sonicate นาน 5 min และนำมา centrifuge เป็นเวลานาน 5 min เพื่อนำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง NMR ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 วิธีการเตรียมตัวอย่างยาบ้า เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

3.4 สภาวะการทดลอง

3.4.1 เทคนิค GC-FID

Column	: HP5 โดย Temperature program เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 120 °C คงที่เป็นเวลา 4 min จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 20 °C /min จนถึงอุณหภูมิ 250 °C แล้วคงที่ไว้ 5 min
Injector temperature	: 200 °C
Detector temperature	: 300 °C
Carrier gas	: He
Flow rate	: 1.6 ml/min
Column pressure	: 150 kpa
Split ratio (1:X)	: 50
Injection volume	: 1.0 µl

3.4.2 เทคนิค NMR

Analysis	: ¹ H
Frequency	: 300 MHz
Solvent	: CDCl ₃
Reference	: TMS (Internal standard)
Number scan	: 16 รอบ

บทที่ 4
ผลการทดลอง

1. ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า

ผลการตรวจลักษณะทางกายภาพ พบว่า สัญลักษณ์ที่ตรวจพบส่วนใหญ่ของยาบ้าเป็น wY 7 ตัวอย่าง, WY 5 ตัวอย่าง, ส่วน R, ไม่มีสัญลักษณ์, และ 888 อย่างละ 1 ตัวอย่าง สีมียหลายสี คือ แดงเข้ม, แดง, ส้ม, ส้มอ่อน, เขียว, และเทา เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 6.00-7.00 มิลลิเมตร และ น้ำหนักของยาบ้าอยู่ในช่วง 79.00-118.80 mg/tablet ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 13

ตารางที่ 9 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง

ลำดับ	สัญลักษณ์	สี	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนา (mm)	น้ำหนัก (mg/tablet)
1	WY	แดงเข้ม	6.00	2.00	93.30
2	WY	ส้มอ่อน	6.00	2.10	87.80
3	wY	เขียว	6.10	2.00	86.50
4	wY	แดง	6.00	2.00	99.20
5	WY	เขียว	6.20	3.00	118.80
6	wY	แดงเข้ม	6.00	2.40	86.70
7	wY	ส้ม	7.00	3.00	94.60
8	ไม่มี	แดง	7.00	2.00	98.80
9	R	แดง	6.20	2.20	90.60
10	wY	แดงเข้ม	6.00	2.00	79.00
11	888	เทา	6.20	2.00	94.70
12	wY	แดง	6.00	2.20	92.40
13	wY	เขียว	6.10	2.10	93.40
14	WY	แดง	6.00	2.00	94.10
15	WY	ส้ม	6.20	2.00	104.50



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15

ภาพที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง

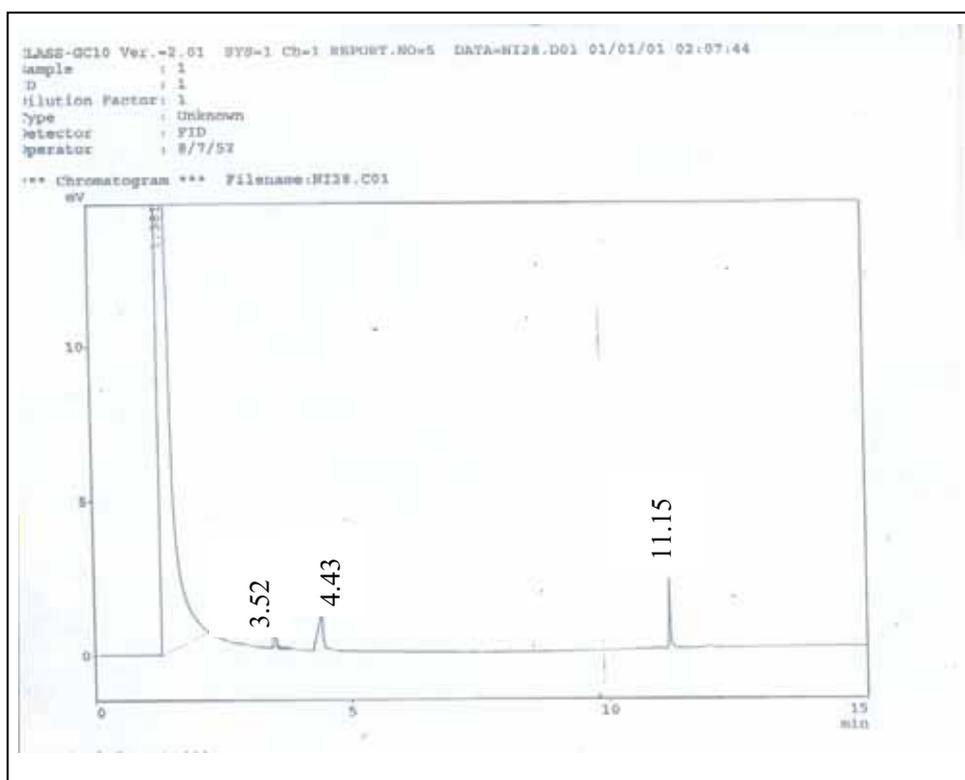
2. การศึกษาปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค GC-FID

2.1 การศึกษา Retention time ของสาร AP, MA, และ DPA โดยใช้เทคนิค GC-FID

จากการทดลอง เมื่อนำสารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA ที่มีความเข้มข้น 0.08, 0.07, และ 0.09 mg/ml ตามลำดับ มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID โดยใช้สภาวะการทดลองของเทคนิค GC-FID ในวิธีการทดลองข้างต้น พบว่าค่า retention time (tr) ของสารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA แสดงดังตารางที่ 10 และโครมาโตแกรมในภาพที่ 14

ตารางที่ 10 ค่า retention time (tr) ของ สารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA

สาร	retention time (tr) (min)
AP	3.52
MA	4.43
DPA	11.15



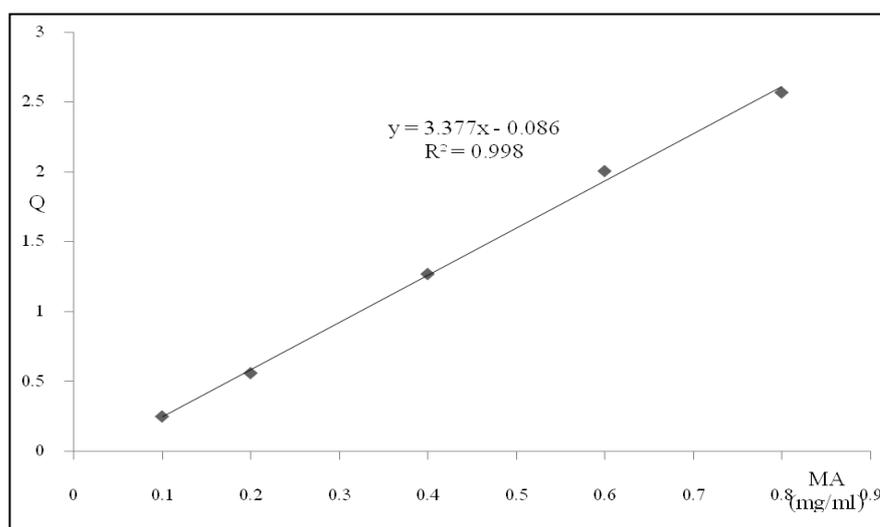
ภาพที่ 14 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA

2.2 การศึกษาหาปริมาณของ MA ในตัวอย่างยาบ้าโดยใช้เทคนิค GC-FID

จากการทดลองเตรียมกราฟมาตรฐานโดยการทำ calibration curve ของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA ต่อสารมาตรฐาน DPA กับความเข้มข้นของสารละลาย MA ที่ 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, และ 0.80 mg/ml โดยผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 15

ตารางที่ 11 อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA ต่อสารมาตรฐาน DPA (Q คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA ต่อสารมาตรฐาน DPA)

ความเข้มข้นของ MA (mg/ml)	Q				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD
0.10	0.27	0.25	0.24	0.25	0.01
0.20	0.55	0.55	0.59	0.56	0.02
0.40	1.27	1.29	1.25	1.27	0.02
0.60	1.94	2.07	2.00	2.01	0.07
0.80	2.52	2.56	2.63	2.57	0.05



ภาพที่ 15 กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA ต่อสารมาตรฐาน DPA กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA (mg/ml)

การหาปริมาณ MA ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยนำค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA ต่อสารมาตรฐาน DPA แต่ละตัวอย่างมาคำนวณ พบว่า ปริมาณ MA ของตัวอย่างยาบ้าแต่ละเม็ด วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID อยู่ในช่วง 6.03-38.31 mg/tablet (6.10-42.28 % by weight) ดังตารางที่ 12

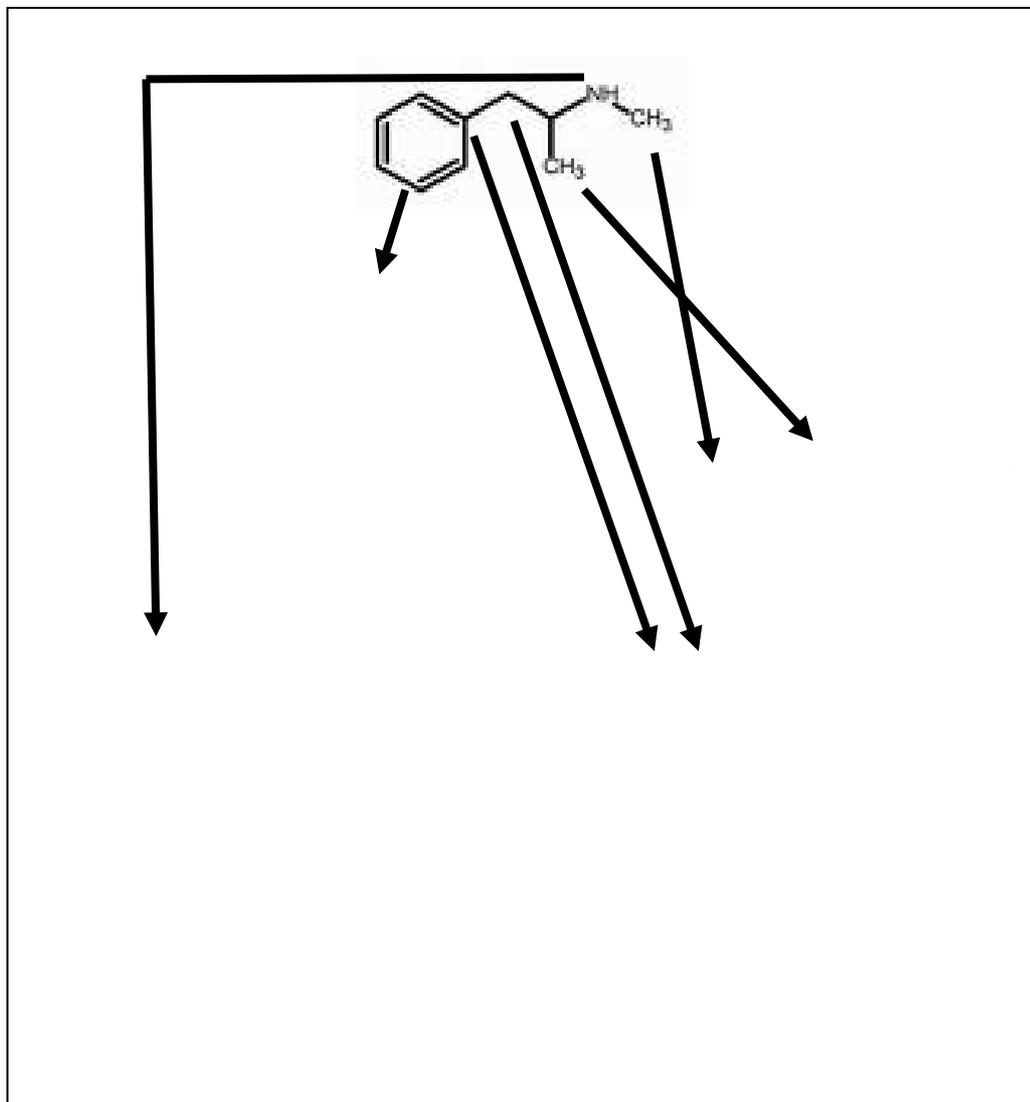
ตารางที่ 12 ตารางแสดงปริมาณ MA ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID

ลำดับ	น้ำหนัก (mg/tablet)	ปริมาณ MA (mg/tablet)	ปริมาณ MA wt. %
1	93.30	30.34	32.52
2	87.80	17.46	19.89
3	86.50	27.74	32.07
4	99.20	25.77	25.98
5	118.80	65.97	55.53
6	86.70	27.65	31.89
7	94.60	26.88	28.42
8	98.80	6.03	6.10
9	90.60	38.31	42.28
10	79.00	10.20	12.91
11	94.70	10.48	11.07
12	92.40	32.16	34.80
13	93.40	17.44	18.67
14	94.10	24.66	26.20
15	104.50	30.20	28.90

3. การศึกษาปริมาณ MA และ caffeine ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค NMR

3.1 การศึกษาค่า chemical shift ของโปรตอนของสารมาตรฐาน MA, caffeine, และตัวอย่างยาบ้าที่ความถี่ 300 MHz โดยใช้เทคนิค NMR

การวิเคราะห์หาปริมาณตัวอย่างยาบ้าด้วยเทคนิค GC-FID พบว่า ตัวอย่างยาบ้ามีสาร MA และ caffeine เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการศึกษาหาปริมาณตัวอย่างยาบ้าด้วยเทคนิค NMR ในการทดลองนี้จึงวิเคราะห์หาค่า chemical shift ของโปรตอนของสาร MA, caffeine และตัวอย่างยาบ้า โดยนำสารละลายมาตรฐาน MA มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR ได้ผลการทดลอง โดยมีค่า chemical shift ของโปรตอน แสดงดังภาพที่ 16 และตารางที่ 13

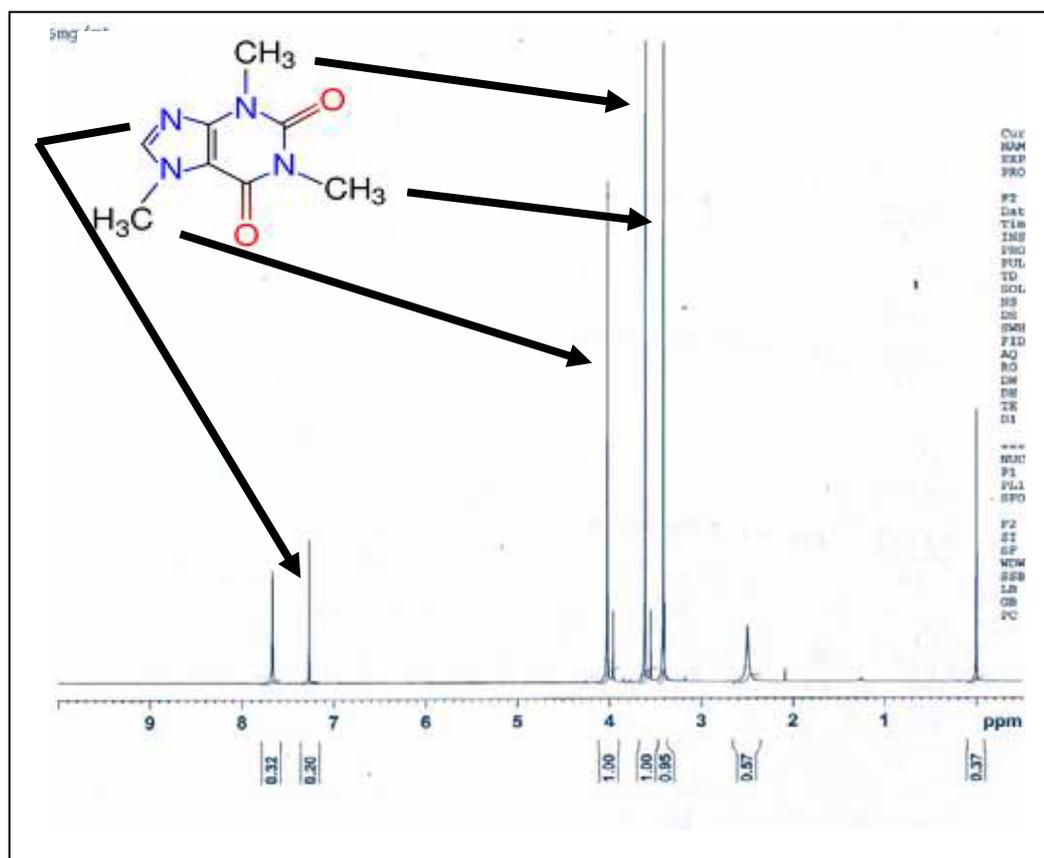


ภาพที่ 16 ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน MA

ตารางที่ 13 ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน MA

chemical shift (ppm)	หมู่ฟังก์ชัน
7.1-7.4	
3.5-3.7	CH ₂
3.1-3.3	CH
1.2-1.4	CH ₃
2.6-2.8	CH ₃
9.5-9.7	NH

และเมื่อนำสารละลายมาตรฐาน caffeine มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR ได้ผลการทดลอง โดยมีค่า chemical shift ของโปรตอน แสดงดังภาพที่ 17 และตารางที่ 14

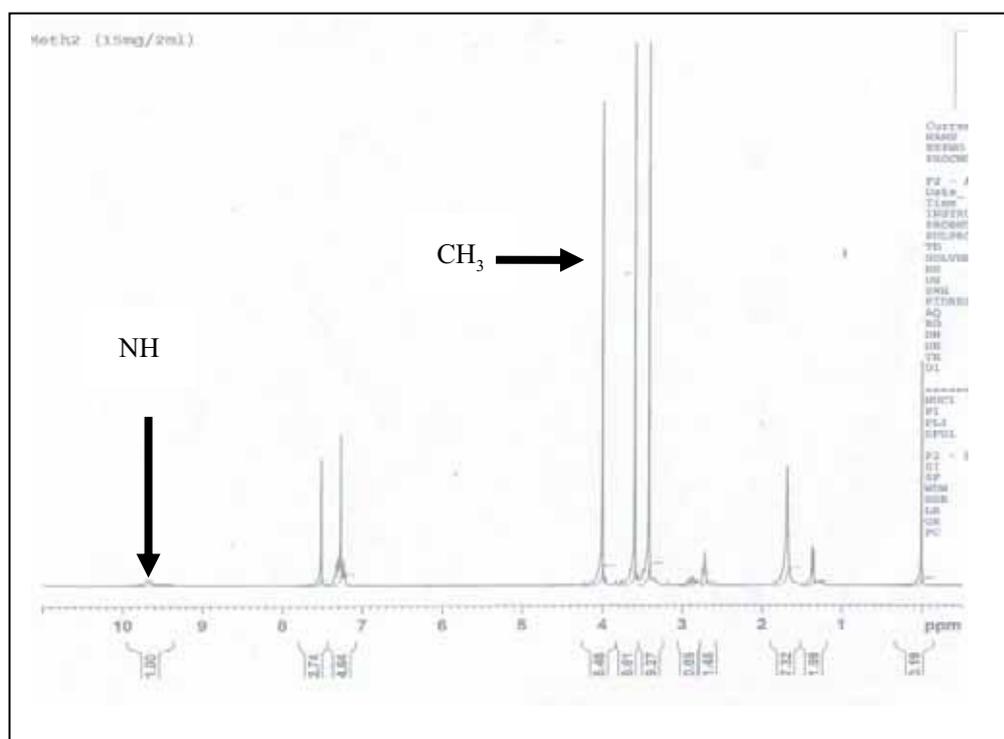


ภาพที่ 17 ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน caffeine

ตารางที่ 14 ค่า chemical shift ของโปรตอนสารละลายมาตรฐาน caffeine

chemical shift (ppm)	หมู่ฟังก์ชัน
7.4-7.5	CH
3.9-4.0	CH ₃
3.5-3.6	CH ₃
3.3-3.4	CH ₃

สำหรับตัวอย่างยาบ้าเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR แสดงดังรูปที่ 16 พบว่า การวิเคราะห์ในการทดลองนี้จะใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ที่มีค่า chemical shift ของโปรตอนอยู่ในช่วง 9.5-9.7 ppm ในการคำนวณหาปริมาณของสาร MA และใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH₃ ที่มีค่า chemical shift ของโปรตอนในช่วง 3.9-4.0 ppm ในการคำนวณหาปริมาณของสาร caffeine เนื่องจากโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ปรากฏใน chemical shift ของสาร MA และโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH₃ ปรากฏใน chemical shift ของสาร caffeine เท่านั้น โดยโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH และหมู่ฟังก์ชัน CH₃ ไม่ซ้อนทับกับโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันอื่นในตัวอย่างยาบ้า ดังภาพที่ 18



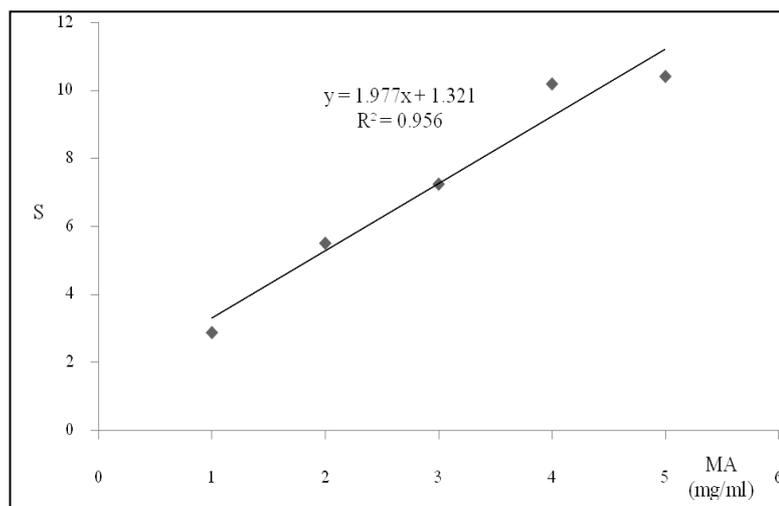
ภาพที่ 18 ค่า chemical shift ของโปรตอนตัวอย่างยาบ้า

3.2 การศึกษาหากราฟมาตรฐานของ MA และ caffeine โดยใช้เทคนิค NMR

การวิเคราะห์หากราฟมาตรฐานของ MA และ caffeine ด้วยเทคนิค NMR เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยเทคนิค NMR สามารถบอกจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆทำให้สามารถใช้ NMR หาปริมาณของสารประกอบในสารผสมได้ โดยอาศัยพื้นที่ใต้พีคของโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน กับสารมาตรฐานภายใน (internal standard) ที่เหมาะสมบนสเปกตรัมที่แสดงค่า chemical shift แต่ละโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน แล้วนำมาอินทิเกรต ในงานวิจัยนี้การวิเคราะห์หากราฟมาตรฐานของ MA จะใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ส่วนกราฟมาตรฐานของ caffeine ใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 เนื่องจากหมู่ฟังก์ชัน NH และหมู่ฟังก์ชัน CH_3 โปรตอนไม่ซ้อนทับกับโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันอื่นในตัวอย่างยาบ้า พีคหมู่ฟังก์ชันแยกได้ชัดเจน โดยใช้สารละลายมาตรฐาน TMS เป็น internal standard เนื่องจากสาร TMS ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR จะใช้เป็นสาร reference อยู่แล้ว เพราะโปรตอนของ TMS นั้น equivalent กันจึงให้ peak เดียว และโปรตอนของ TMS ไม่ซ้อนทับกับโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันอื่นในตัวอย่างยาบ้า จากการทดลองหาอัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, และ 5.00 mg/ml โดยผลการทดลองที่ได้ แสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 19

ตารางที่ 15 อัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA (S คือ อัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH และสารมาตรฐาน TMS)

ความเข้มข้น MA (mg/ml)	S
1.00	2.88
2.00	5.51
3.00	7.25
4.00	10.20
5.00	10.42

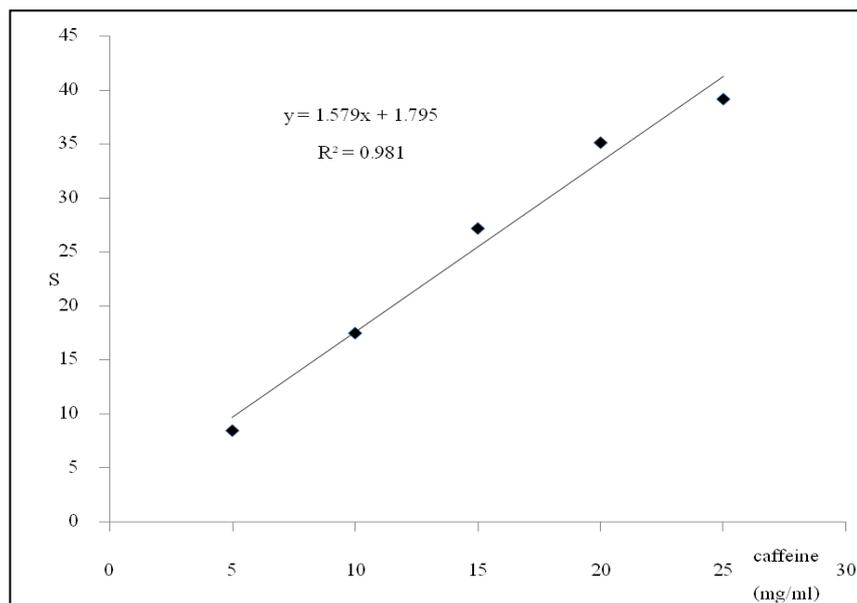


ภาพที่ 19 กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนของจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH และสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA (mg/ml)

สำหรับการทดลองหากราฟมาตรฐานของ caffeine ระหว่างอัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine ที่มี ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, และ 25.00 mg/ml โดยผลการทดลองที่ได้ แสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 20

ตารางที่ 16 อัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine (S คือ อัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 และสารมาตรฐาน TMS)

ความเข้มข้น caffeine (mg/ml)	S
5.00	8.48
10.00	17.50
15.00	27.19
20.00	35.13
25.00	39.16



ภาพที่ 20 กราฟมาตรฐานระหว่างอัตราส่วนของจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 และสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine (mg/ml)

3.3 การศึกษาหาปริมาณ MA และ caffeine ของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค NMR

การหาปริมาณ MA และ caffeine ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยนำค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ต่อสารมาตรฐาน TMS แต่ละตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณ MA ของตัวอย่างยาบ้าแต่ละเม็ด และนำค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 ต่อสารมาตรฐาน TMS แต่ละตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณ caffeine ของตัวอย่างยาบ้าแต่ละเม็ดด้วยเทคนิค NMR พบว่าปริมาณ MA อยู่ในช่วง 4.83-37.24 mg/tablet (5.10-41.11% by weight) และปริมาณ caffeine อยู่ในช่วง 19.32-54.07 mg/tablet (16.26-57.10% by weight) ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปริมาณ MA และ caffeine ในแต่ละเม็ดของตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR (***) คือ ไม่สามารถหาปริมาณสารได้

ลำดับ	น้ำหนัก (mg/tablet)	ปริมาณ MA (mg/tablet)	ปริมาณ caffeine (mg/tablet)	ปริมาณ MA wt. %	ปริมาณ caffeine wt. %
1	93.3	30.95	36.15	33.17	38.75

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ลำดับ	น้ำหนัก (mg/tablet)	ปริมาณ MA (mg/tablet)	ปริมาณ caffeine (mg/tablet)	ปริมาณ MA wt. %	ปริมาณ caffeine wt. %
2	87.8	11.95	41.36	13.61	47.11
3	86.5	31.02	30	35.86	34.68
4	99.2	24.21	39.04	24.41	39.35
5	118.8	***	19.32	***	16.26
6	86.7	29.63	30.41	34.18	35.07
7	94.6	20.35	36.88	21.51	38.98
8	98.8	5.3	53.15	5.36	53.8
9	90.6	37.24	24.47	41.11	27.01
10	79	6.18	38.62	7.82	48.89
11	94.7	4.83	54.07	5.1	57.1
12	92.4	31.4	31.62	33.98	34.22
13	93.4	8.54	30.59	9.14	32.75
14	94.1	29.86	36.58	31.73	38.87
15	104.5	29.03	37.08	27.78	35.48

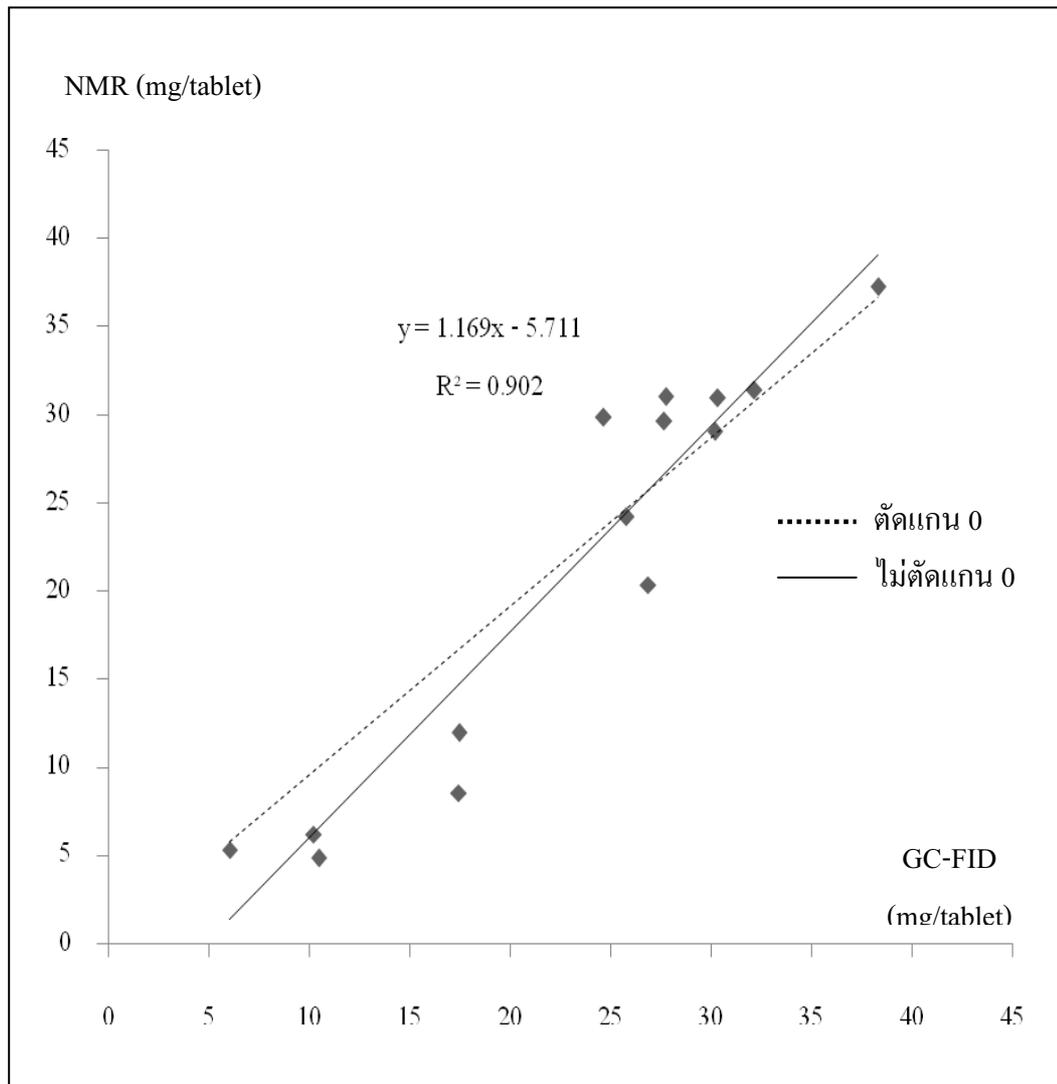
4. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR

จากปริมาณของ MA ที่ได้จากเทคนิค GC-FID และ NMR มาคำนวณหาปริมาณของ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณ MA ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.83-38.31 mg/tablet (5.100-42.283 % by weight) แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ MA mg/เม็ด ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR (***) คือ ไม่สามารถหาปริมาณสารได้)

ลำดับ	GC-FID ปริมาณ MA (mg/tablet)	NMR ปริมาณ MA (mg/tablet)
1	30.34	30.95
2	17.46	11.95
3	27.74	31.02
4	25.77	24.21
5	65.97	***
6	27.65	29.63
7	26.88	20.35
8	6.03	5.30
9	38.31	37.24
10	10.20	6.18
11	10.48	4.83
12	32.16	31.40
13	17.44	8.54
14	24.66	29.86
15	30.20	29.03

และเมื่อนำผลการทดลองมาศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR ผลปรากฏว่า ตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ได้กราฟเป็นเส้นตรง มีสมการ คือ $Y = 1.169X - 5.711$ ค่า $R^2 = 0.902$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง มีปริมาณ MA ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR แต่เมื่อพิจารณากราฟเส้นตรงที่ตัดผ่านจุดตัด 0,0 พบว่าตัวอย่างยาบ้าที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID สามารถหาปริมาณ MA ได้มากกว่าวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ปริมาณ MA (mg/tablet) ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะของการวิจัย

1. อภิปรายผล สรุปผลของการวิจัย

จากผลการทดลองปรากฏว่า ตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง มีลักษณะทางกายภาพ ดังนี้ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 13) สัญลักษณ์ส่วนใหญ่ของยาบ้าเป็น wY 7 ตัวอย่าง, WY 5 ตัวอย่าง, ส่วน R, ไม่มีสัญลักษณ์, และ 888 อย่างละ 1 ตัวอย่าง สีมียหลายแบบ คือ แดงเข้ม, แดง, ส้ม, ส้มอ่อน, เขียว และเทา เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 6.00-7.00 mm และน้ำหนักของยาบ้าอยู่ในช่วง 79.00-118.80 mg/tablet ซึ่งลักษณะทางกายภาพดังกล่าวเป็นในทำนองเดียวกับงานวิจัยที่กล่าวถึงสัญลักษณ์ของตัวอย่างยาบ้าในประเทศไทยระหว่าง เดือนตุลาคม 2003-เดือนพฤษภาคม 2004 ที่ผลของสัญลักษณ์ wY พบมากที่สุดในประเทศไทย (Adam et al. 2005: 65)

ซึ่งสถานะในการทดลองสารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA โดยใช้เทคนิค GC-FID พบว่า ที่สภาวะ Column HP5 Temperature program เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 120 °C คงที่เป็นเวลา 4 min จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 20 °C /min จนถึงอุณหภูมิ 250 °C แล้วคงที่ไว้ 5 min, Injector 200 °C, Detector 300 °C สารละลายมาตรฐาน AP, MA, และ DPA มีค่า retention time (tr) ที่ 3.52, 4.43, และ 11.15 ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 14)

การศึกษาหาปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่างโดยใช้เทคนิค GC-FID ได้ดำเนินการหาค่ากราฟมาตรฐานของ MA ที่อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน MA และสารมาตรฐาน DPA กับ MA ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, และ 0.80 mg/ml ตามลำดับ ผลปรากฏว่า กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง มีสมการ คือ $Y = 3.377X - 0.086$ ค่า $R^2 = 0.998$ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 15) หลังจากนั้น นำกราฟมาตรฐานของ MA ที่ได้มา คำนวณหาตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง (ตารางที่ 12) พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมี MA อยู่ในช่วง 6.03-38.31 mg/tablet (6.10-42.28 % by weight) ยกเว้นตัวอย่างยาลำดับที่ 5 มี MA มากถึง 65.97 mg/tablet (55.53 % by weight) ซึ่งไม่น่าจะเป็นไปได้ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา ที่ดำเนินการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของยาบ้า ปรากฏว่า มีปริมาณ MA อยู่ในช่วง 14.6-21.6 % by weight (Palanuvej et.al. 1997: 79), 8.9-14 mg/tablet (Kakagi et al. 2002: 16), 1.9-36.9 mg/tablet (ลักดาวัลย์ ศรีวิวัฒน์ 2548) และ 21.76 ± 6.39 % by weight (Adam et al. 2005: 68) ดังนั้น ผลการวิจัยที่ได้ อาจเกิดความผิดพลาดจากการเตรียมสารมาตรฐาน DPA เนื่องจากพื้นที่ใต้พีค retention time (tr) ที่

11.2 min ของตัวอย่างลำดับที่ 5 มีพื้นที่ใต้พีค 2700 ขึ้นไป ส่วนตัวอย่างยาบ้าลำดับอื่นสารมาตรฐาน DPA มีพื้นที่ใต้พีค 20000 ขึ้นไป สำหรับสถานะในการทดลองสารละลายมาตรฐาน MA, caffeine และ ตัวอย่างยาบ้า โดยใช้ TMS เป็น internal standard วิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR ที่ความถี่ 300 MHz พบว่า สารละลายมาตรฐาน MA, และตัวอย่างยาบ้า ใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH ในการทดลอง สำหรับการคำนวณหาสารละลายมาตรฐาน caffeine ในตัวอย่างยาบ้าจะใช้โปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 ในการทดลอง เนื่องจากหมู่ฟังก์ชัน NH (ภาพที่ 16 และตารางที่ 13) และหมู่ฟังก์ชัน CH_3 (ภาพที่ 17 และตารางที่ 14) โปรตอนไม่ซ้อนทับกับโปรตอนของหมู่ฟังก์ชันอื่นในตัวอย่างยาบ้า พีคหมู่ฟังก์ชันแยกให้เห็นชัดเจน

การศึกษาหาปริมาณ MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่างด้วยเทคนิค NMR ได้หาค่ากราฟของสารละลายมาตรฐาน MA โดยทำการพอร์ตรระหว่างอัตราส่วนของจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH และสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน MA ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, และ 5.00 mg/ml (ตารางที่ 15 และภาพที่ 19) ผลปรากฏว่า กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง มีสมการ คือ $Y = 1.977X + 1.321$ ค่า $R^2 = 0.956$ สำหรับการศึกษาหากราฟของสารละลายมาตรฐาน caffeine โดยทำการพอร์ตรระหว่างอัตราส่วนจำนวนโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 ต่อสารมาตรฐาน TMS กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน caffeine ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, และ 25.00 mg/ml (ตารางที่ 16 และภาพที่ 20) ผลปรากฏว่า กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงเช่นเดียวกัน และมีสมการ คือ $Y = 1.579X + 1.795$ ค่า $R^2 = 0.981$ กราฟของสารละลายมาตรฐาน MA เป็นเส้นตรงทั้งเทคนิค GC-FID และ NMR แต่ค่า correlation coefficient, R^2 ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID เท่ากับ 0.998 มีค่าดีกว่า correlation coefficient, R^2 ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR ซึ่งเท่ากับ 0.956 อาจเกิดจากพื้นที่ใต้พีคโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน NH มีลักษณะพีคเดี่ยวและฐานกว้างส่งผลให้เมื่ออินทิเกรตจึงเกิดความผิดพลาดได้ โดยสังเกตได้จากการวิเคราะห์หากราฟของสารละลายมาตรฐาน caffeine ด้วยเทคนิค NMR เช่นเดียวกัน แต่ใช้พื้นที่ใต้พีคโปรตอนของหมู่ฟังก์ชัน CH_3 มีลักษณะพีคสูงและฐานแคบส่งผลให้ค่า correlation coefficient, $R^2 = 0.981$

หลังจากนั้น นำกราฟมาตรฐานของ MA และ caffeine ที่ได้มาคำนวณหาตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง (ตารางที่ 17) พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมี MA อยู่ในช่วง 4.83-37.24 mg/tablet (5.10-41.11 % by weight) และปริมาณ caffeine อยู่ในช่วง 19.32-54.07 mg/tablet (16.26-57.10% by weight) ยกเว้นตัวอย่างลำดับที่ 5 ไม่สามารถตรวจพบ MA อาจเกิดจากตัวอย่างลำดับที่ 5 มีสารประเภทอื่นผสมอยู่จึงพบบริเวณของโปรตอน NH 2 พีค ค่า chemical shift ของโปรตอนใกล้เคียงกัน สารที่ปนเปื้อนอาจเป็นสารนอกจาก MA และ caffeine ผสมอยู่ จึงส่งผลให้โปรตอน NH เกิดเปลี่ยนแปลง

ไป เนื่องจากตัวอย่างยาบ้าลำดับที่ 5 ที่ทำการทดลองด้วยเทคนิค GC-FID พบว่ามีสารละลายของ ตัวอย่างไม่ทราบว่าเป็นสารละลายชนิดใด พบพื้นที่ใต้พีค retention time (tr) ที่ 12.21 ซึ่งมีการวิจัย จัดทำสารมาตรฐานแห่งชาติของตัวยาเมทแอมเฟตามีน พบว่า เทคนิค GC-FID ให้สารละลาย มาตรฐาน MA, pseudoephedrine, และ ephedrine พื้นที่ใต้พีค retention time (tr) ที่ 9.01, 10.64, และ 15.13 min (ชวณี ทองโรจน์ และคณะ 2548: 5-7) ซึ่งโครงสร้างของ pseudoephedrine, และ ephedrine คล้ายโครงสร้าง MA และเมื่อนำผลการวิจัยมาศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ MA ในตัวอย่าง ยาบ้า 15 ตัวอย่าง ระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR (ตารางที่ 18) ผลปรากฏว่า ตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง มีปริมาณ MA อยู่ในช่วง 5.497-37.242 mg/tablet (5.359-41.106% by weight) และนำมา เปรียบเทียบปริมาณ MA mg/tablet ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง โดยแสดงกราฟระหว่างเทคนิค GC-FID และ NMR (ภาพที่ 21) ผลปรากฏว่า กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง มีสมการ คือ $Y = 1.169X - 5.711$ ได้ค่า correlation coefficient, $R^2 = 0.902$ จากการทำ least-squares fitting เพื่อยืนยัน ความสัมพันธ์ดังกล่าว สรุปได้ว่า เราสามารถใช้เทคนิค NMR ไปหาปริมาณของ MA ในตัวอย่าง ยาบ้าได้ แต่ปริมาณของ caffeine ของตัวอย่างยาบ้าในการทดลองนี้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR เท่านั้น เนื่องจากว่าสารมาตรฐาน caffeine ในช่วงทำการทดลองด้วยเทคนิค GC-FID ยังไม่มีสาร มาตรฐาน caffeine

จากผลการวิจัยที่กล่าวมา ปรากฏว่า ในการตรวจหา MA ในตัวอย่างยาบ้า 15 ตัวอย่าง สามารถตรวจหาได้ทั้ง 2 เทคนิค คือ GC-FID และ NMR แต่ในประเทศไทยนิยมใช้เทคนิค GC-FID เนื่องจาก เป็นเทคนิคที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ถูกต้อง และแม่นยำ สามารถวิเคราะห์สารที่มี ปริมาณต่ำๆได้ แต่สำหรับเทคนิค NMR เป็นเทคนิคที่มีความเฉพาะเจาะจงน้อยกว่า GC-FID เนื่องจากถ้ามีสารประกอบของยาบ้า นอกจาก MA และ คาเฟอีนผสมอยู่ เช่น AP และ ephedrine (Palanuvej et al. 1997: 73-75) เป็นต้น ส่งผลให้นิวเคลียสของโมเลกุล NH เปลี่ยนแปลงไป ค่าที่ได้ จากตัวอย่างยาบ้าก็เปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกัน ถึงกระนั้นก็ตาม เทคนิค NMR ถือได้ว่าเป็น ทางเลือกอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถตรวจพบ MA ในยาบ้าได้เช่นกัน

2. ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษายังคงมีข้อจำกัดบางประการที่เป็นอุปสรรคในการทดลอง ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะ ดังนี้

2.1 การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องกลุ่มตัวอย่างของยาบ้าที่นำมาทำการทดลอง เนื่องจากตัวอย่างยาบ้ามีจำนวนน้อย

3. ข้อเสนอในการดำเนินการวิจัยต่อไป

3.1 ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้น เพื่อสามารถหาความสัมพันธ์ด้านกายภาพ กับ การตรวจหาเมทแอมเฟตตามีน ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-flame ionization detector (GC-FID) และ Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) เป็นเกณฑ์

3.2 การดำเนินงานวิจัยในอนาคต ควรพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์อื่นๆ หรือนำเทคนิค NMR ตรวจสอบ MA ในตัวอย่างน้ำลาย เลือด หรือน้ำปัสสาวะ ว่าสามารถตรวจพบได้หรือไม่

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมควบคุมยาเสพติด. ศูนย์วิชาการ. ผลกระทบสารเมทแอมเฟตามีน [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552. เข้าถึงได้จาก <http://www.raycity.in.th/board/viewthread.php?>
- กรมพินิจคุ้มครองเด็กและเยาวชน. ยาเสพติดให้โทษ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 7 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก <http://www2.djop.moj.go.th/knowledge/about%20drug%20ubon%20cent.pdf>.
- การทดสอบเมทแอมเฟตามีน [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 26 กันยายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.bikudo.com/buy/details/275609/one_step_methamphetamine_test.html.
- กิตติ อากร. อาการของผู้เสพยาบ้า [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552. เข้าถึงได้จาก <http://blog.eduzones.com/grip/3299?y=2008&m=4>.
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะวิทยาศาสตร์. เทคนิค Nuclear magnetic resonance (NMR) [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก <http://www.mis.science.cmu.ac.th>.
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ศูนย์วิชาการสารเสพติดภาคเหนือ. ประเภทของยาเสพติด [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 7 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.sri.cmu.ac.th/~nsac/ All_Page/ Drug/ habit-forming_drug_Page.htm.
- เมทแอมเฟตามีน [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก www.fda.moph.go.th/news/image/meth.jpg.
- ชวณี ทองโรจน์, วีรศักดิ์ สามิ, และนริศา คำแก่น. “การจัดทำสารมาตรฐานแห่งชาติของตัวยาเมทแอมเฟตามีน.” *SWU J Pharm Sci*. 10, 1 (2005): 1-9.
- ชิตี มหาเจริญ. “การตรวจหาสารอนุพันธ์เมทแอมเฟตามีนในเส้นผมของมนุษย์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2546.
- ธีรยุทธ วิไลวัลย์ และวรวรรณ พันธุมนาวิณ. ส่วนประกอบของเครื่อง NMR spectrum [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265_04_TV/nmr-265.pdf.
- บัญชา พูลโชค. ทฤษฎีของ NMR [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Spectro.pdf.
- รัตติยากร สำราญพิศ. ลักษณะทั่วไปของยาบ้า [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 4 มกราคม 2552. เข้าถึงได้จาก <http://edtech.kku.ac.th/~s48121275001/485050023-6/page5.htm#yaba>.
- ลัดดาวัลย์ ศรีวัฒนะ. “การพัฒนาเทคนิคเพื่อหาปริมาณ MA และ MDMA ในตัวอย่างยาบ้าและ

- ยาอี.” เอกสารวิชาการมหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548. (อัครสำเนา).
- วนิดา คูอมรพัฒนา. เทคนิค Gas Chromatography [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 12 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก <http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egche/pdf>.
- สถานีตำรวจภูธรจรัลราช นครราชสีมา. ผลทางกฎหมายครอบครองยาเสพติด [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://chakkarat.nmpp.go.th/web/law_detail.php?law_id=9.
- สถานีตำรวจภูธร อุดรดิตต์. โทษที่ได้รับของการเสพยาบ้า [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.uttaradit.police.go.th/ya002_6.html.
- อมรสิทธิ์ แม้น, และเพชรสม อมร. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2539.
- อรรถพล เข้มสุวรรณวงศ์ และคณะ. นิติวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวนสอบสวน (Forensic science 2 for crime investigation). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัท ทีซีซีพีริ้นติ้ง จำกัด, 2546.
- แอมเฟตามีน [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. เข้าถึงได้จาก [www.chemtrack.org/ Board Picture/DP0-1116-2.jpg](http://www.chemtrack.org/BoardPicture/DP0-1116-2.jpg).

ภาษาอังกฤษ

- Adam, P. et al. “Physico-chemical profiles of methamphetamine tablets.” *CMU*. 4, 1 (2005): 65-71.
- Dayrit, F.M., and Dumlao M.C. “Impurity profiling of methamphetamine hydrochloride drugs in the Philippines.” *Forensic Sci. Int.* 144 (2004): 29-36.
- Furnari, C. et al. “Identification of 3,4 methylenedioxymethamphetamine analogs encountered in clandestine tablets.” *Forensic Sci. Int.* 92 (1998): 49-58.
- Kakagi, M., and Tsuchihashi H. “Updater on Clandestine Amphetamine and their Analogues Recently Seen in Japan.” *Journal of Health Science*. 48, 1 (2002): 14-21.
- McAvoy, Y., Cole M.D., and Gqenial O. “Analysis of amphetamine by supercritical fluid chromatography, high perfor liquid chromatography, gas chromatography and capillary zone electrophoresis; a preliminary comparison.” *Forensic Sci. Int.* 102 (1999): 13-22.
- Ottaviano, V., Furnari C., and Rosati F. “Identification of di (β -phenylisopropyl)amine as the main ingredient in illicit amphetamine tables.” *Ann Ist Super Sanita*. 38, 3 (2002):

331-335.

Palanuvej, C. et al. "Chemical analysis of Illicit amphetamine." Thai J. Hlth Rasch. 11, 2 (1997): 73-80.

Phonchai, A. et al. "Purity determination of 3,4 methylenedioxymethamphetamine (MDMA) in ecstasy tablets seized in Songkhla province using GC-FID technique." In 34 th congress on science on science and technology of Thailand. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2009.

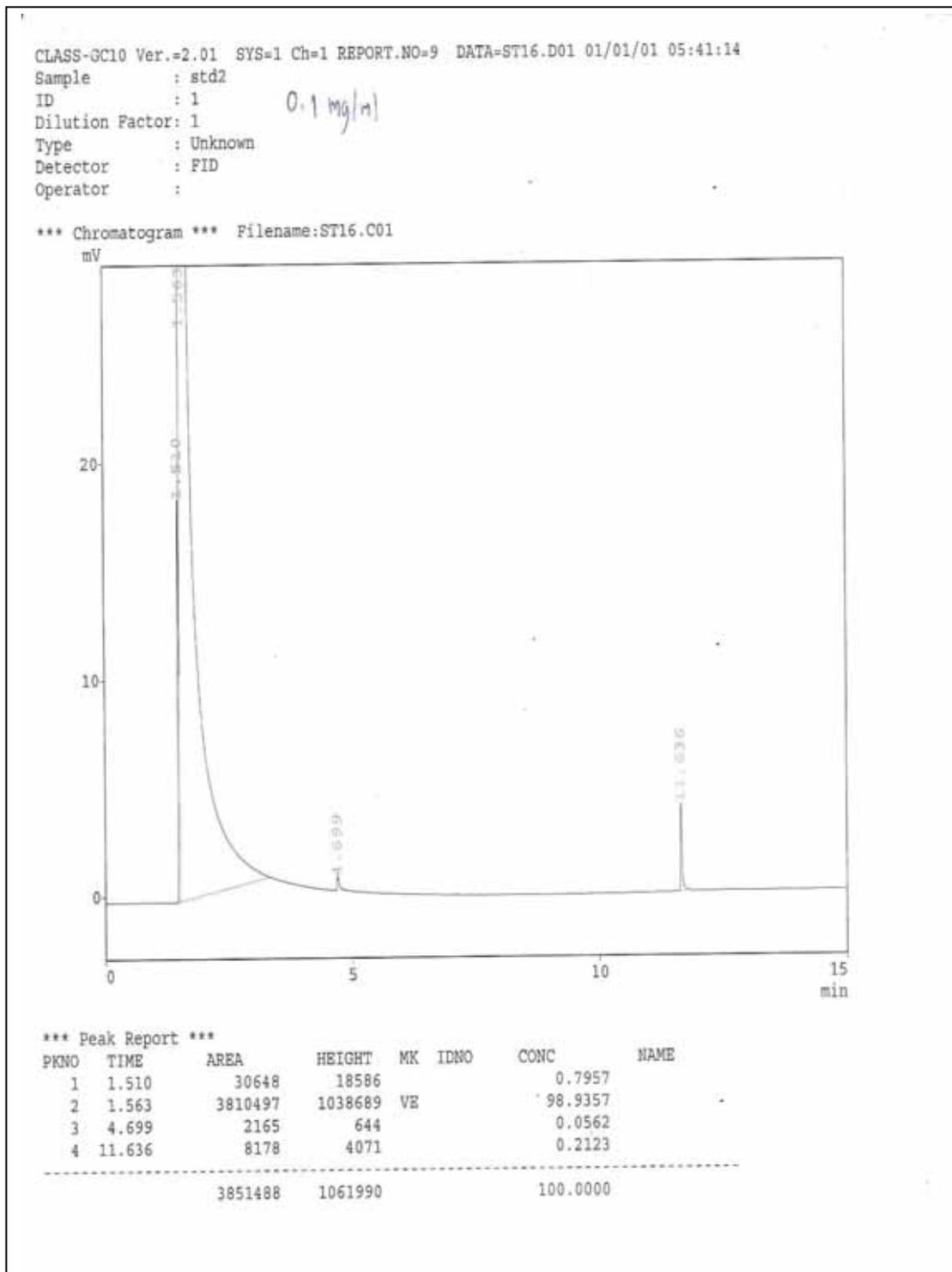
Wikipedia. Methamphetamine [Online]. Accessed 2 August 2009. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/Methamphetamine>.

ภาคผนวก

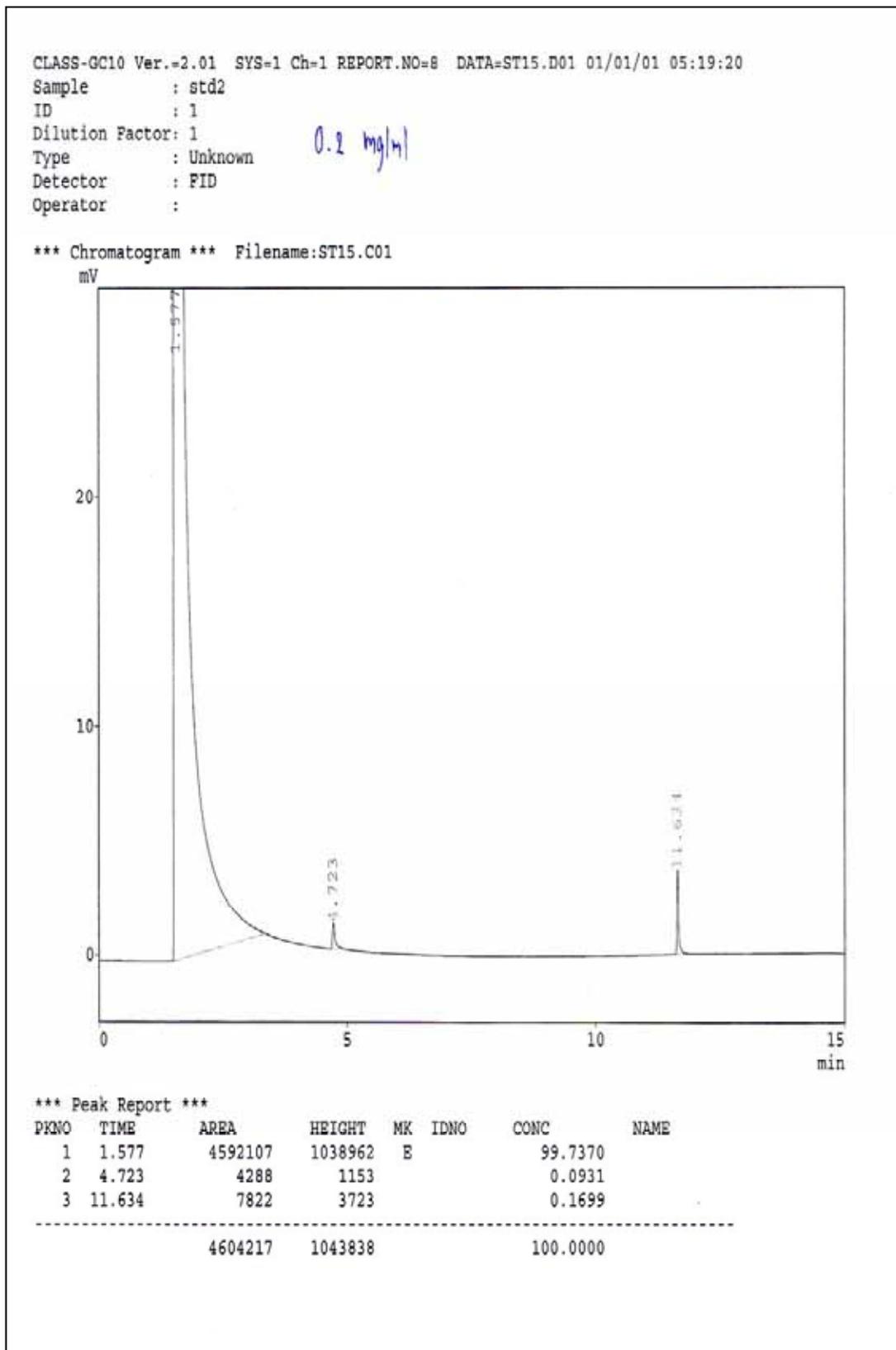
ภาคผนวก ก

โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน MA ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID

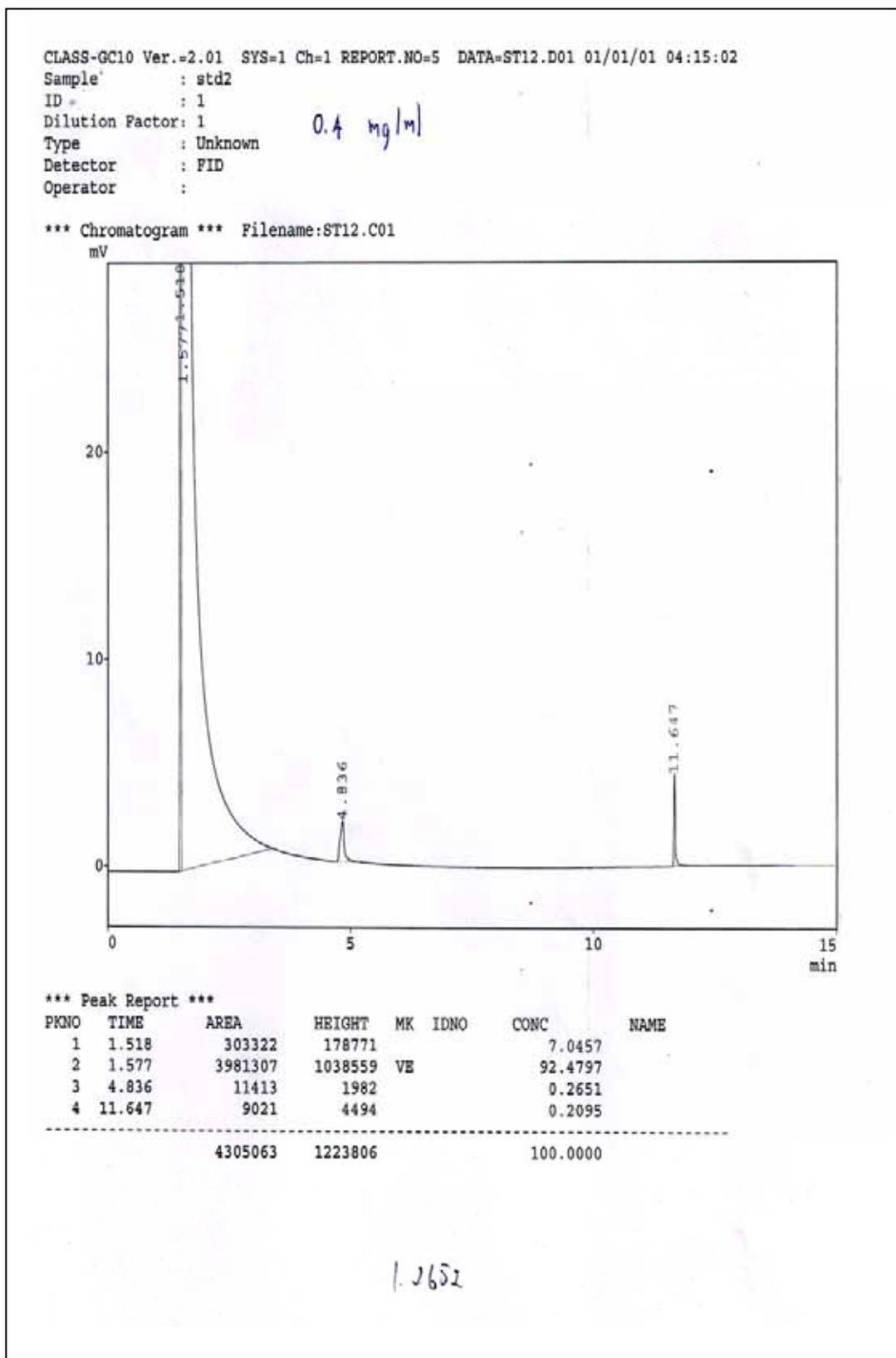
โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน MA ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID



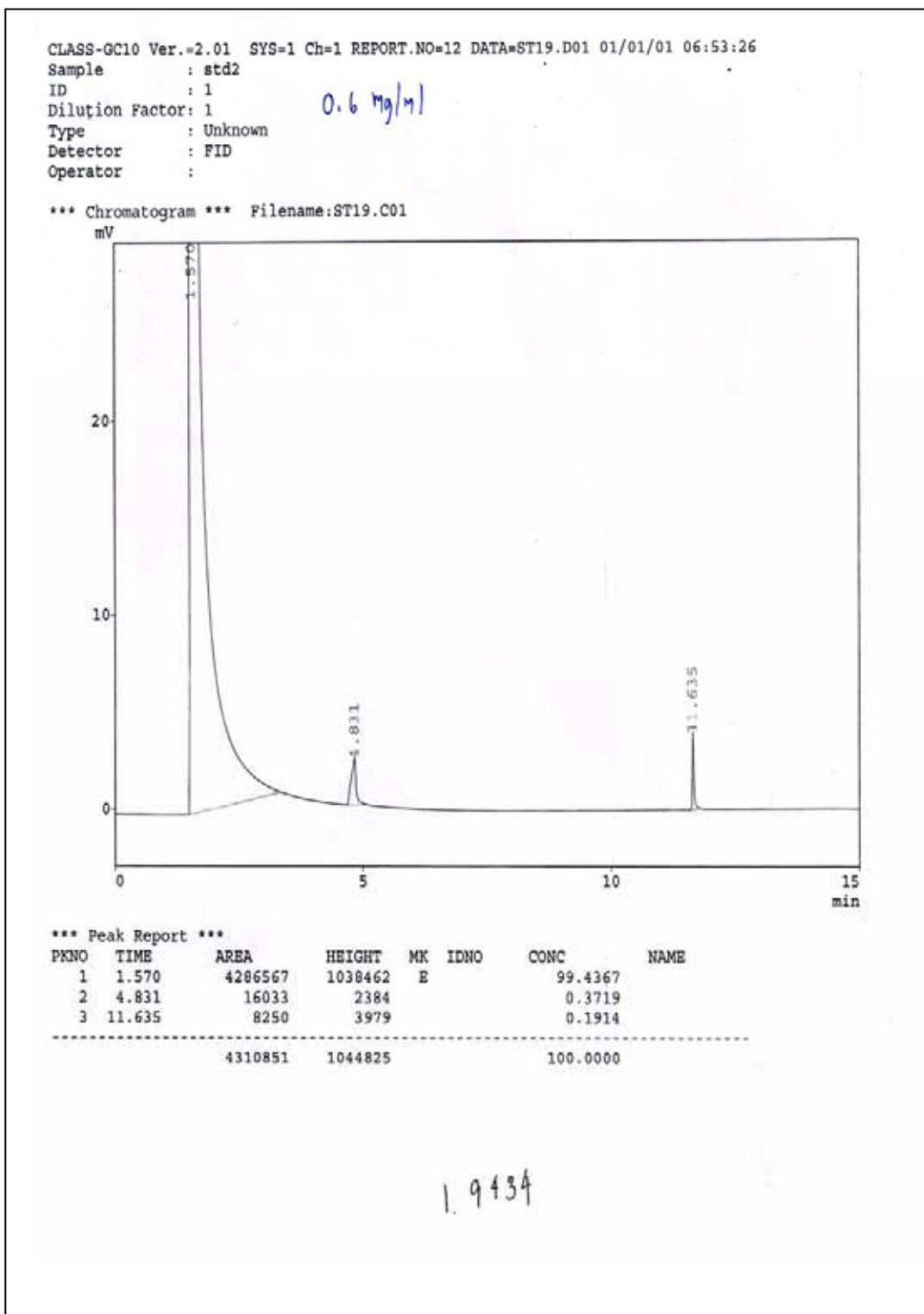
ภาพที่ 2 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0mg/l



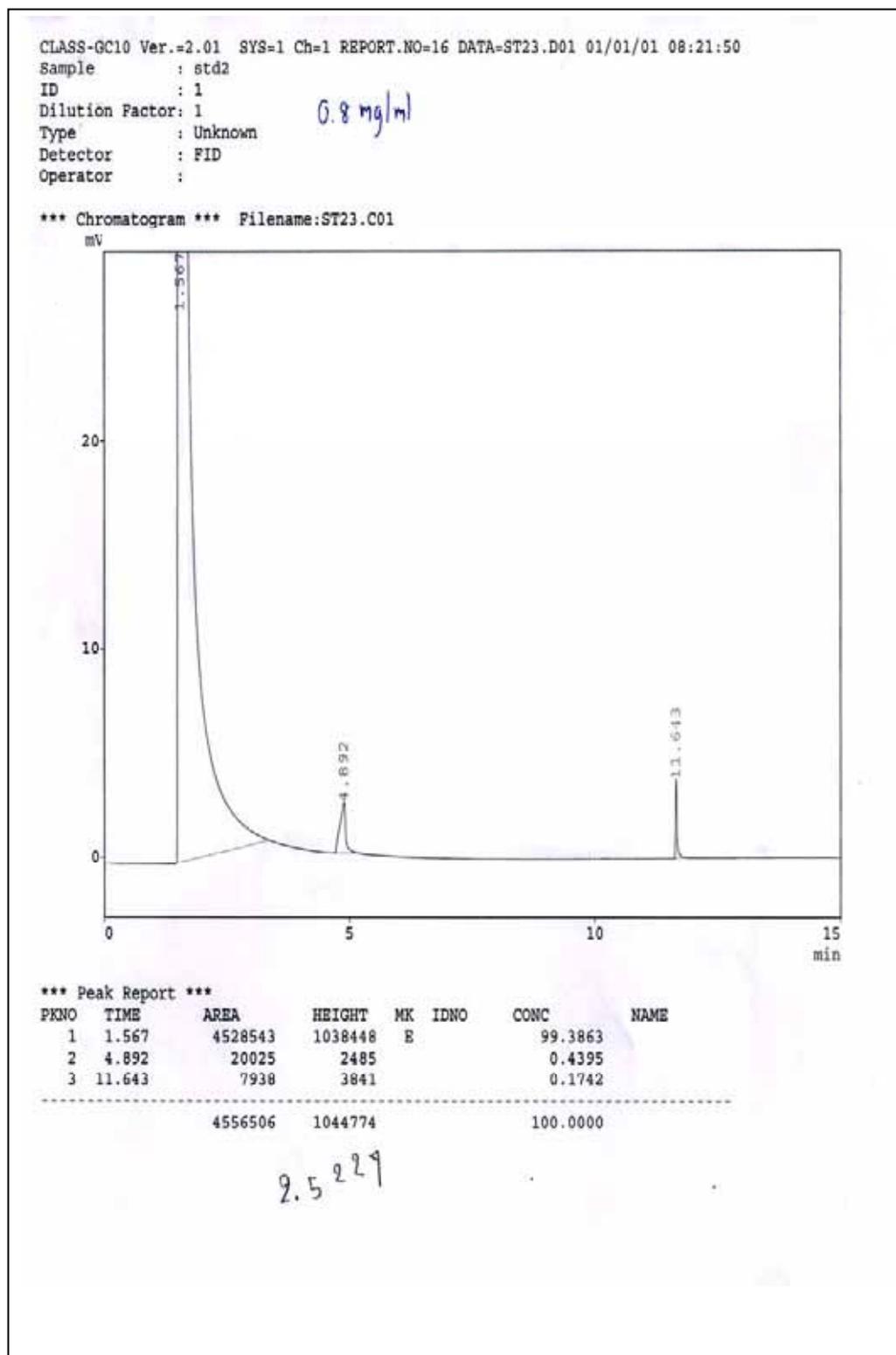
ภาพที่ 3 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0mg/l



ภาพที่ 2 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0.4mg/ml



ภาพที่ ๘ สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0mg/l

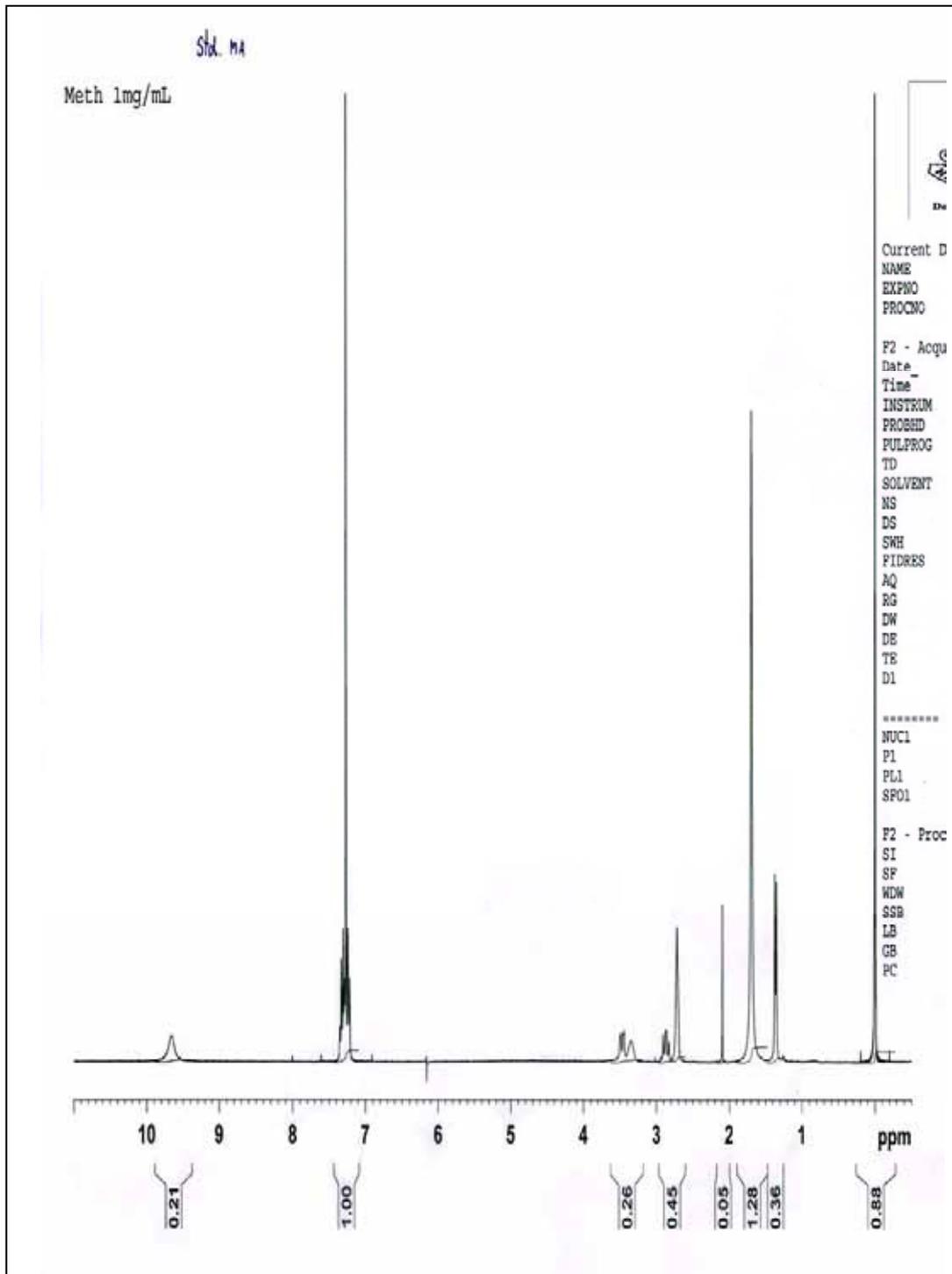


ภาพที่ ๘ สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 0mg/l

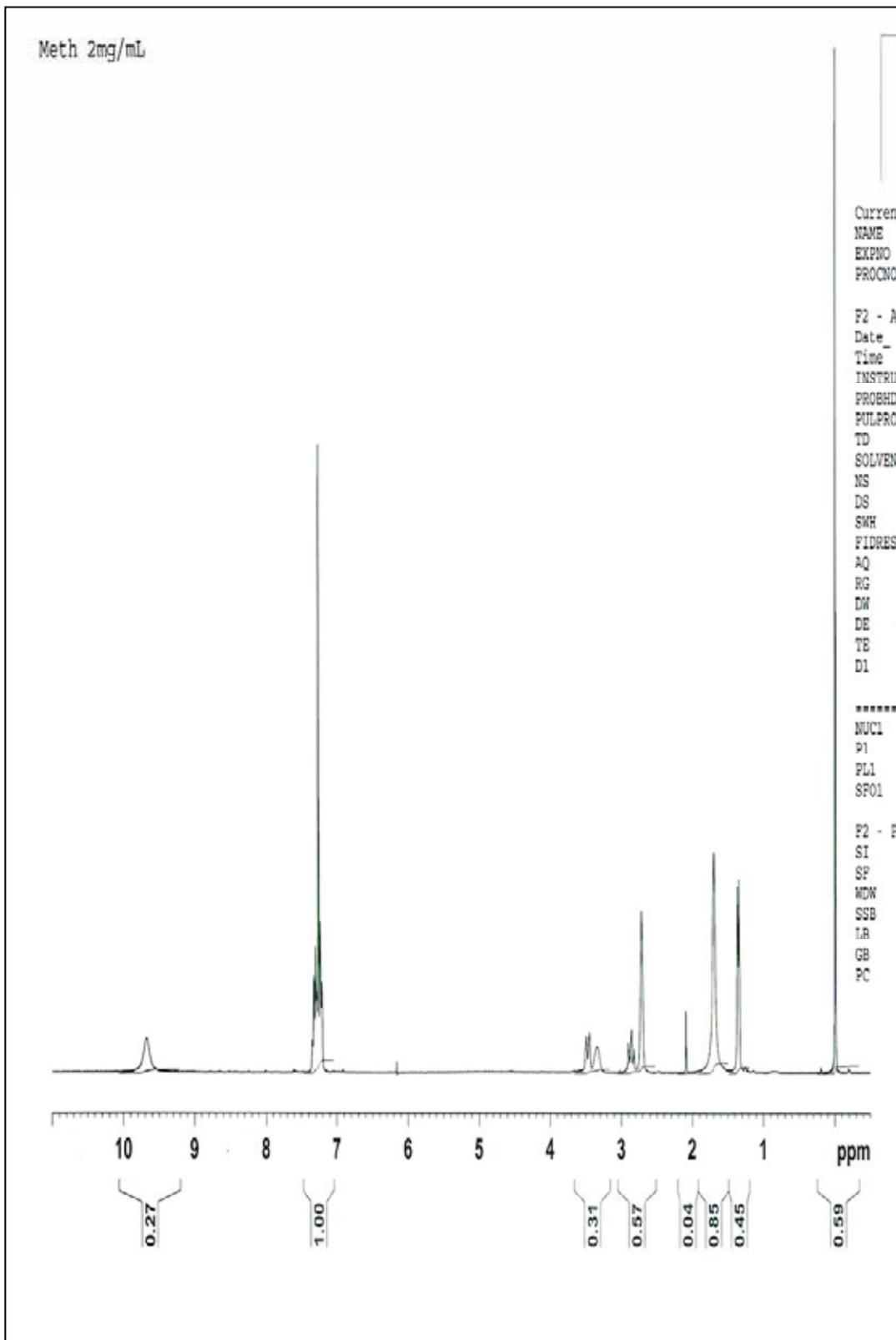
ภาคผนวก ข

chemical shift โปรตอนของสารละลายมาตรฐาน MA และ caffeine
ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR

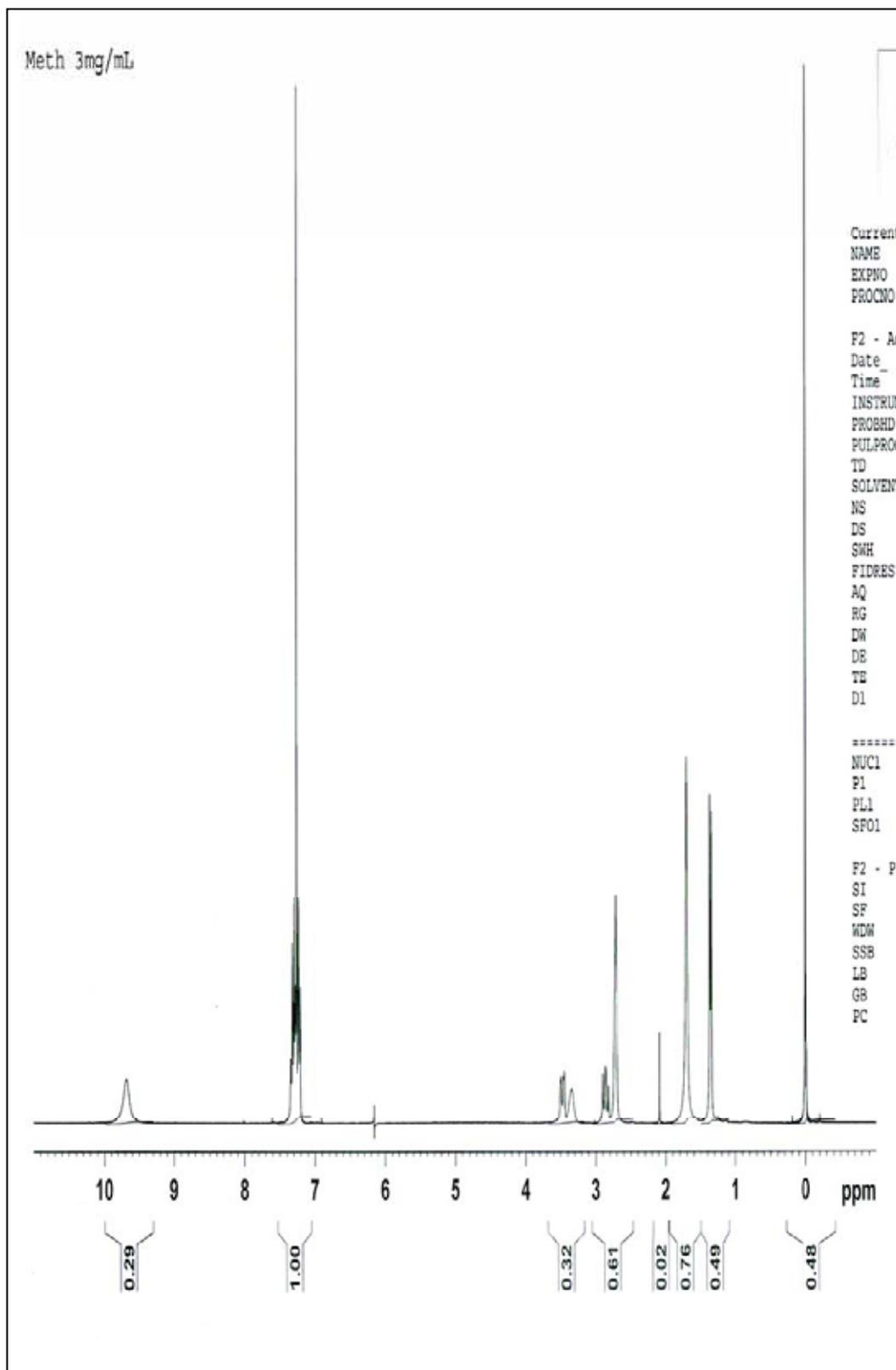
chemical shift โปรตอนของสารละลายมาตรฐาน MA ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR



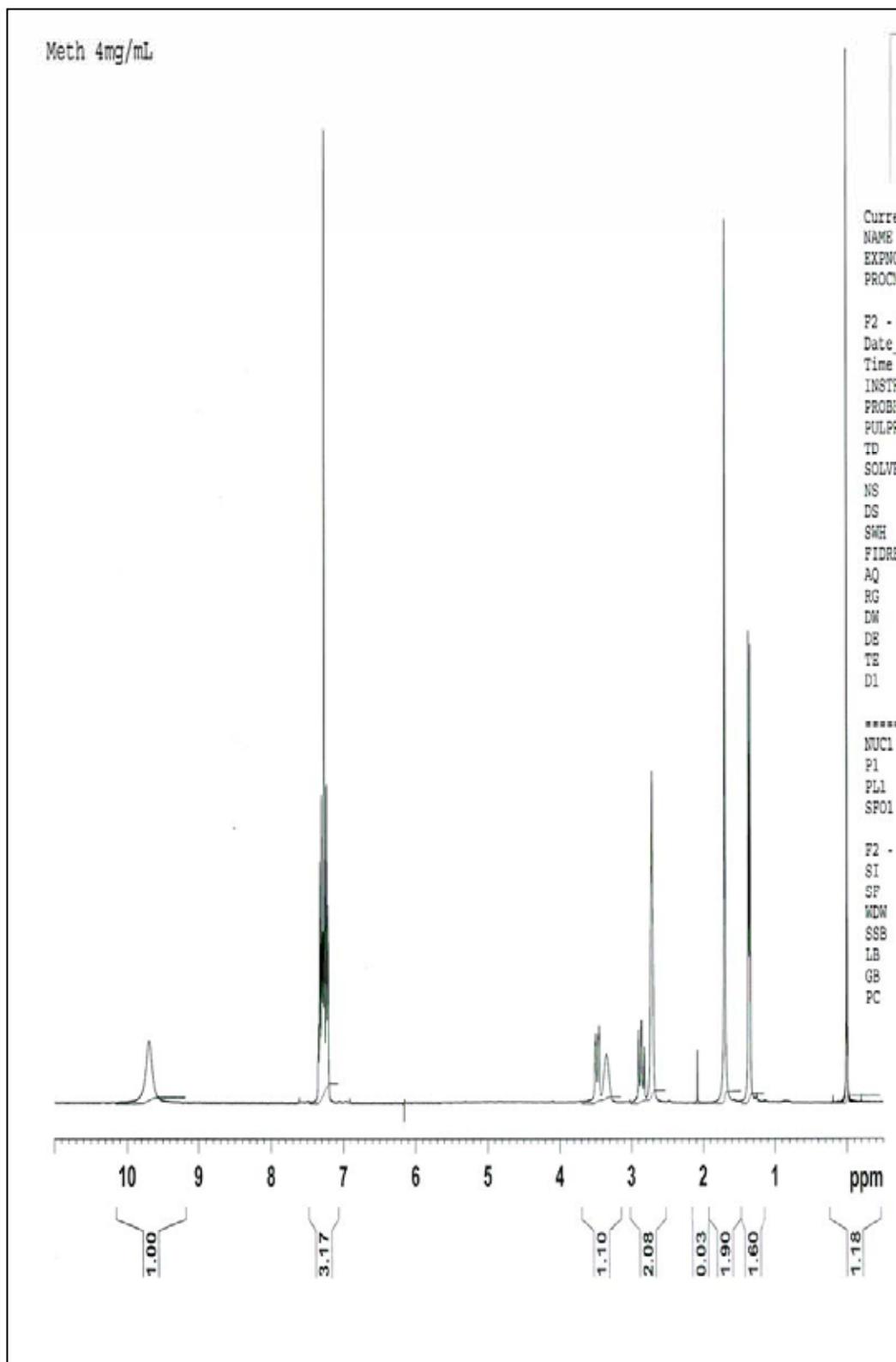
ภาพที่ 27 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 1.00 mg/ml



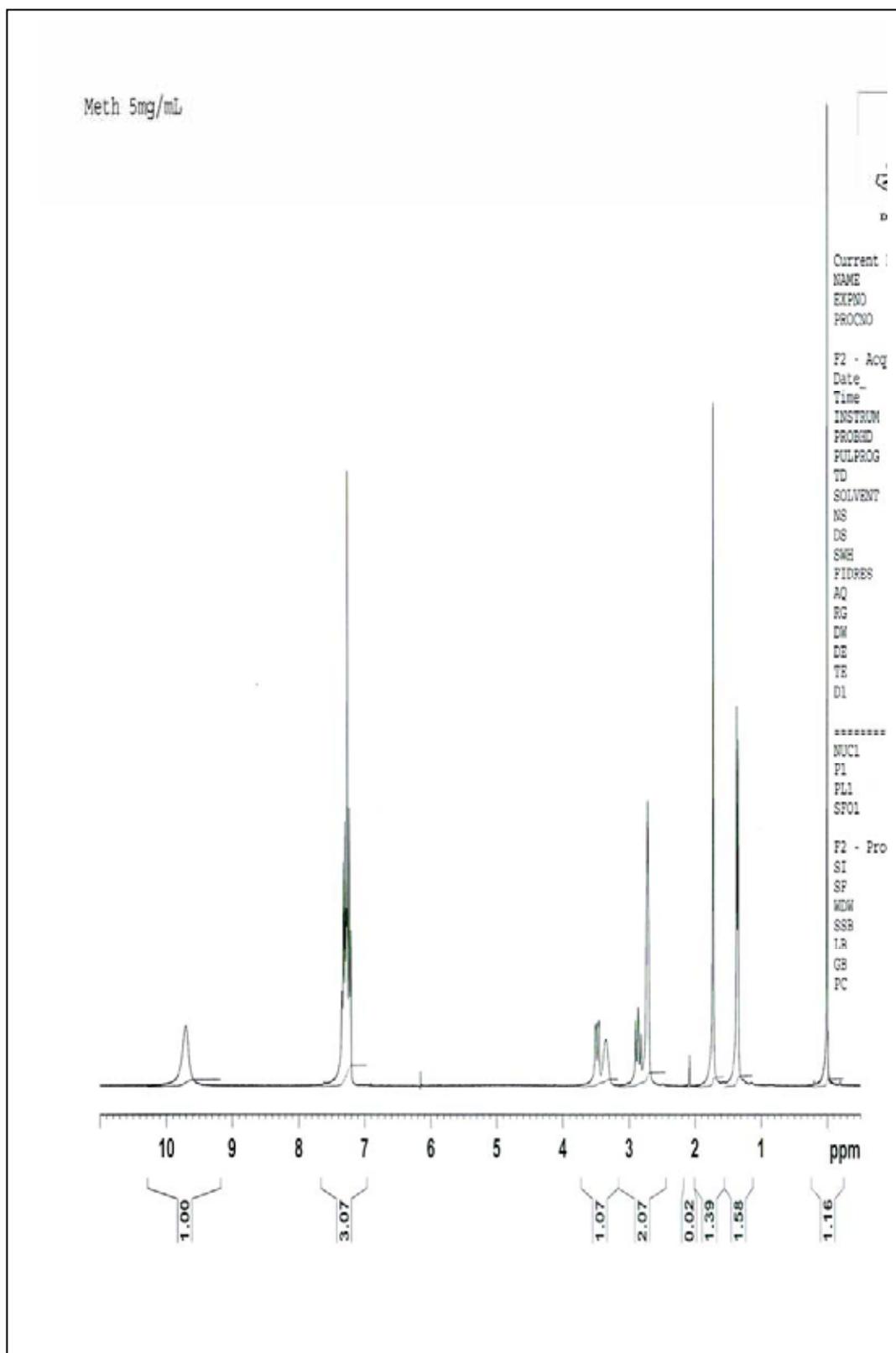
ภาพที่ 28 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 2.00 mg/ml



ภาพที่ 29 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 3.00 mg/ml

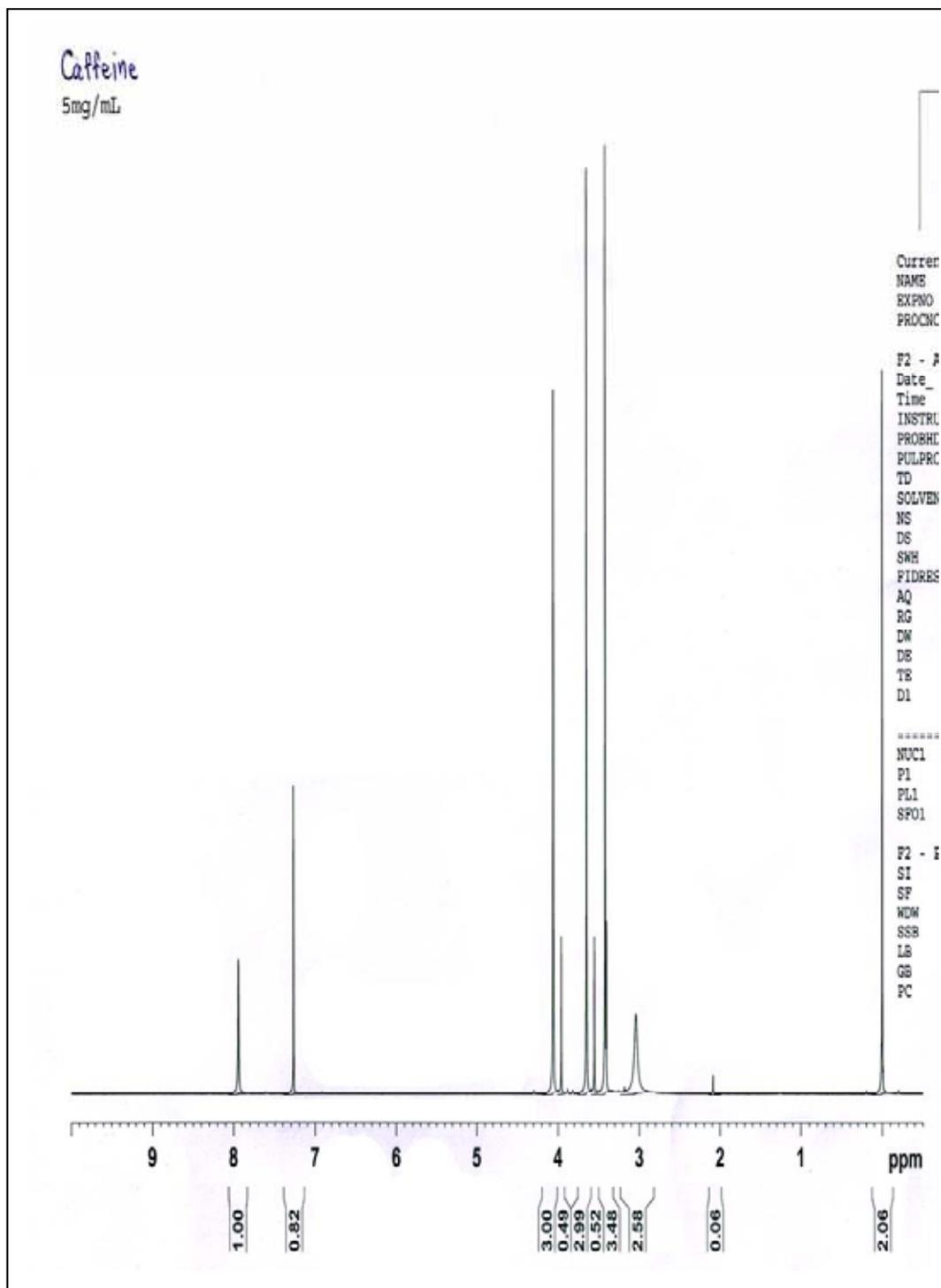


ภาพที่ 30 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 4.00 mg/ml

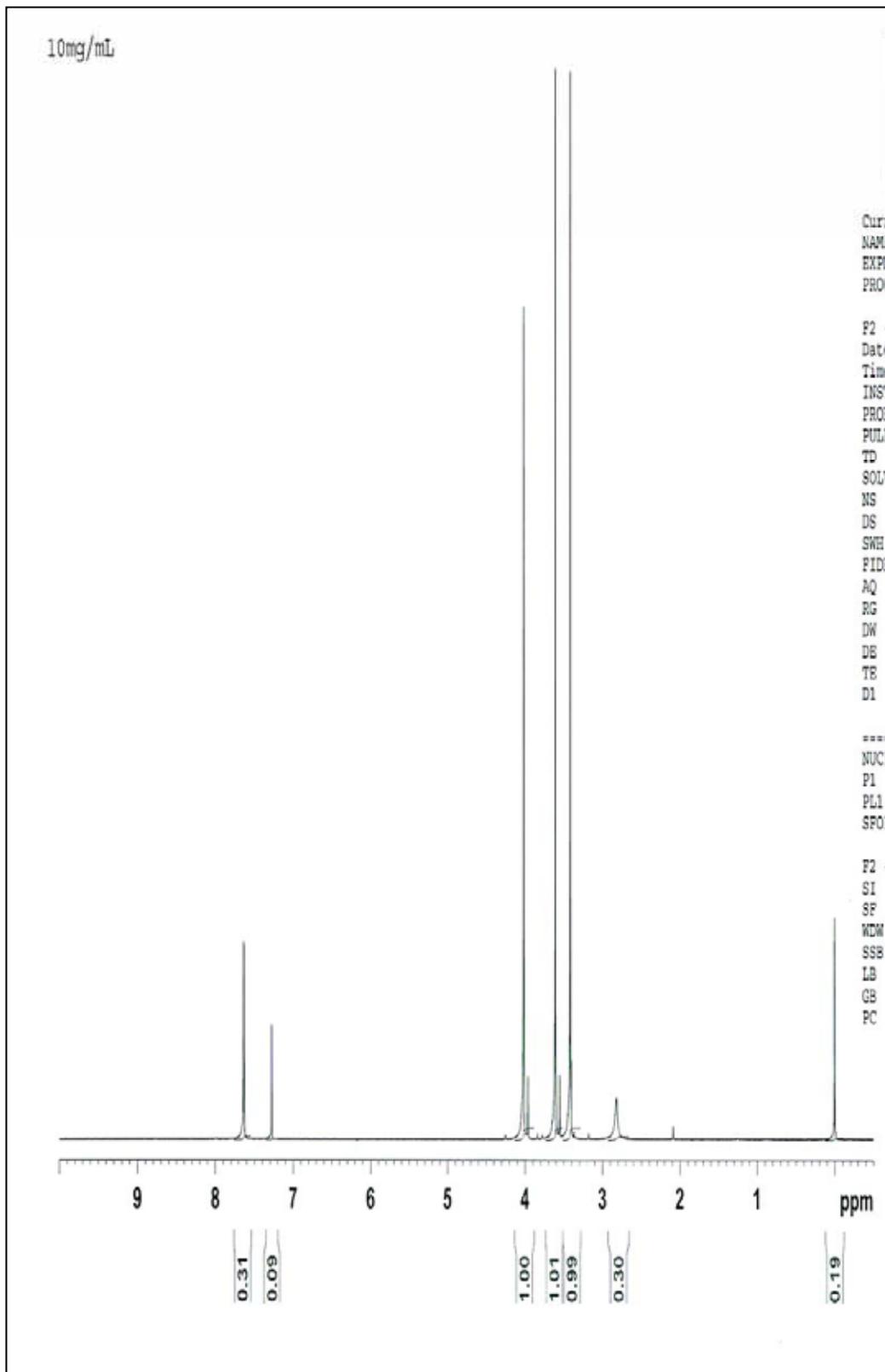


ภาพที่ 31 สารละลายมาตรฐาน MA ความเข้มข้น 5.00 mg/ml

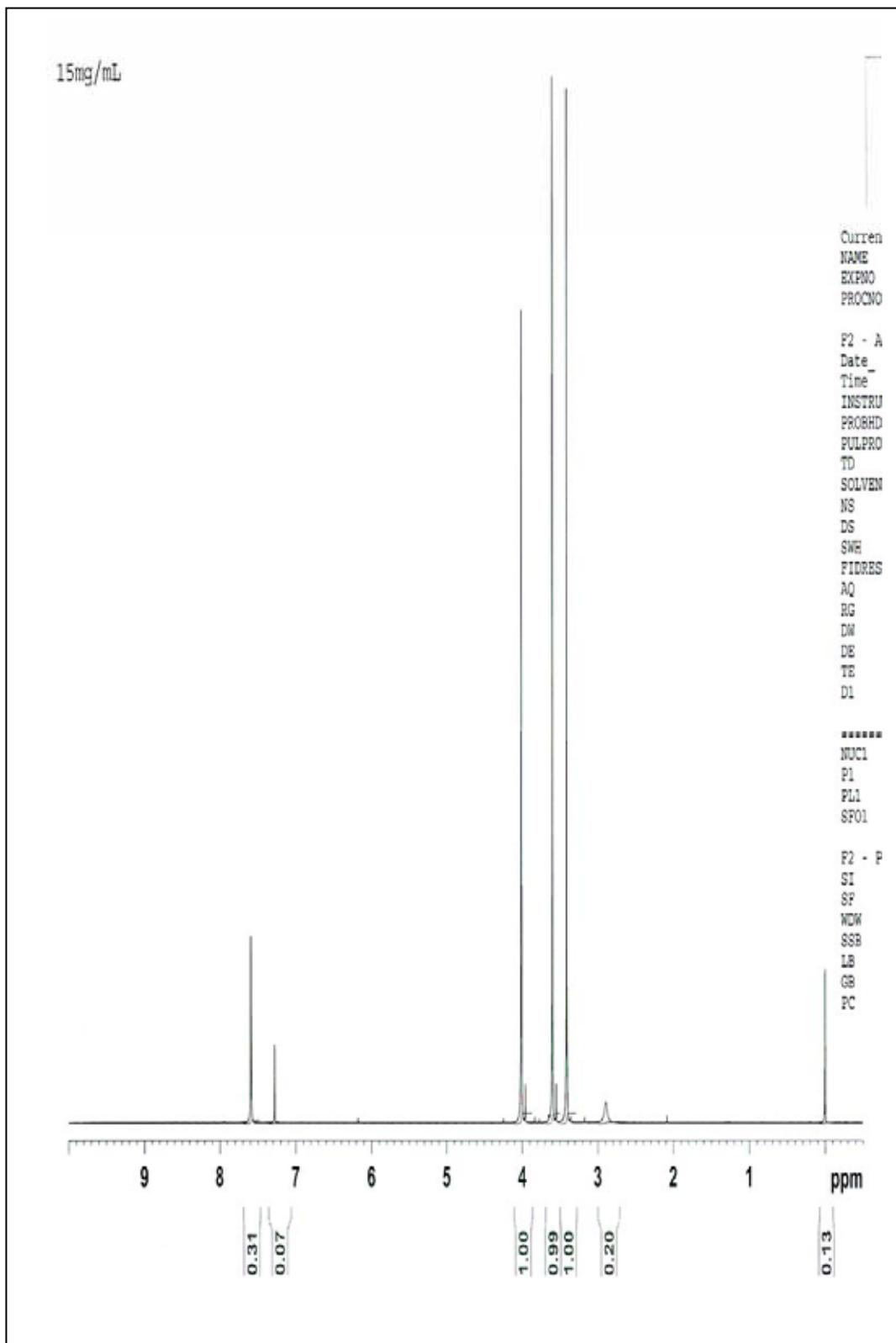
chemical shift โปรตอนของสารละลายมาตรฐาน caffeine ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NMR



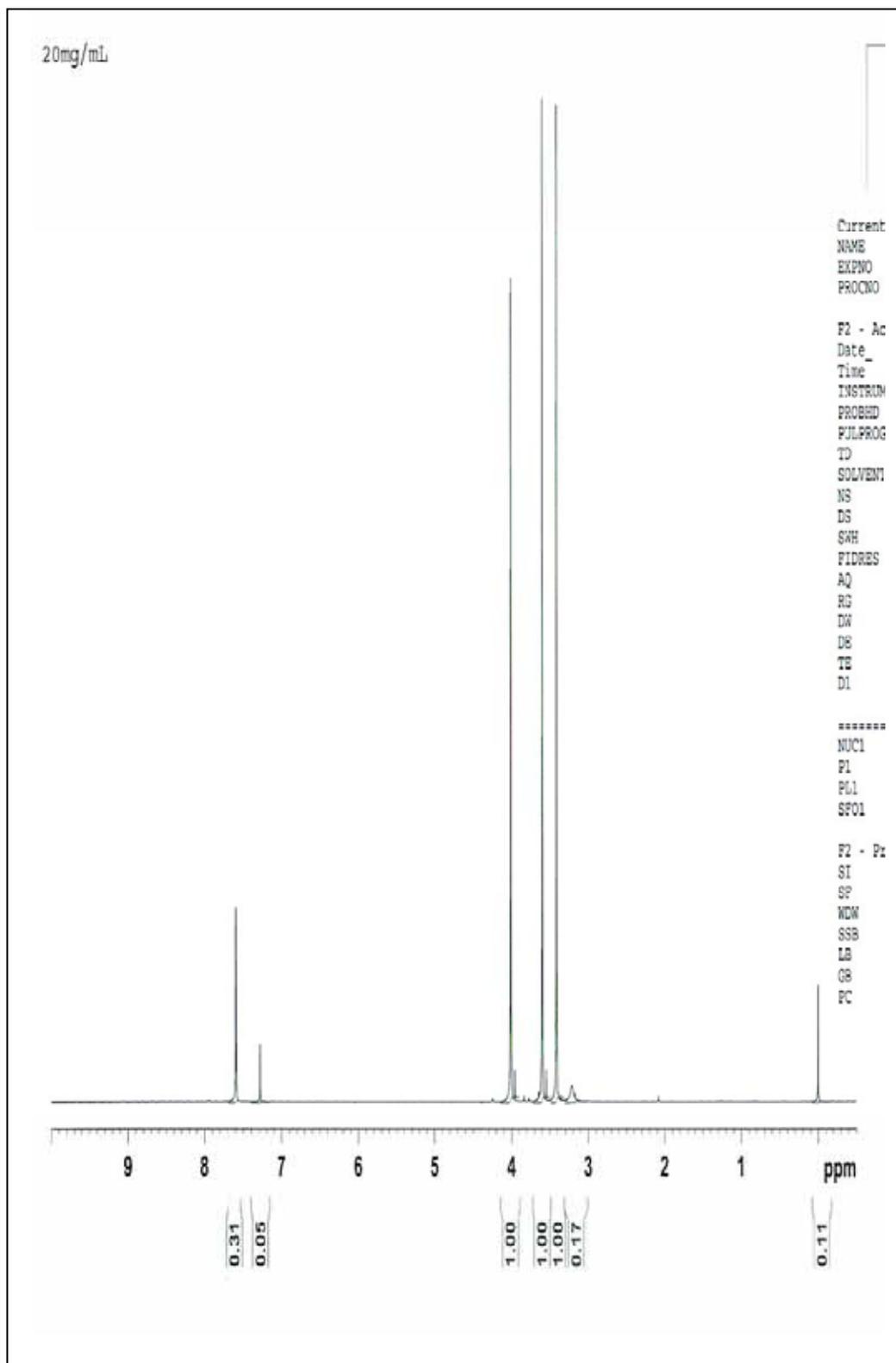
ภาพที่ 32 สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 5.00 mg/ml



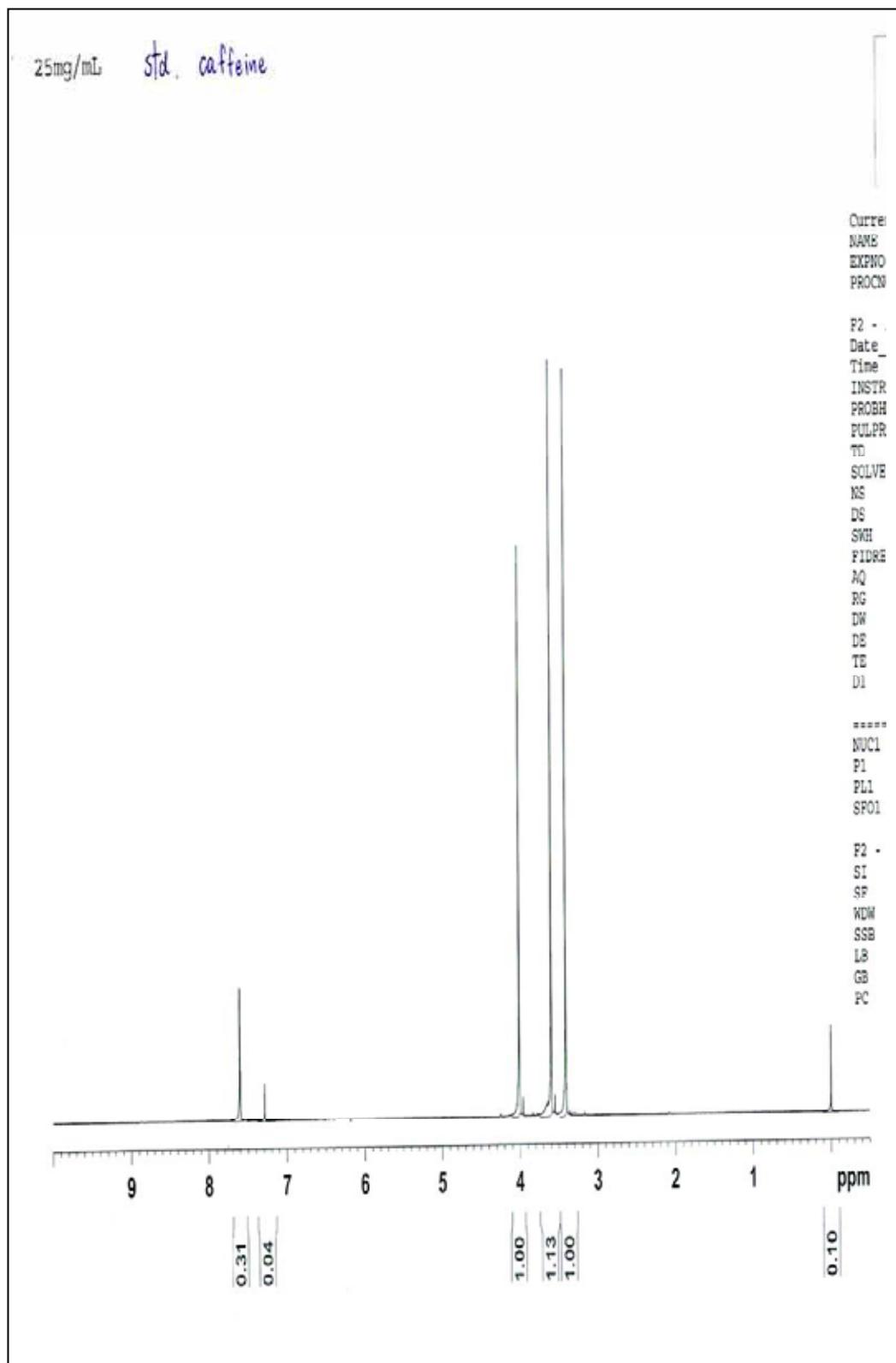
ภาพที่ 33 สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 10.00 mg/ml



ภาพที่ 34 สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 15.00 mg/ml



ภาพที่ 35 สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 20.00 mg/ml



ภาพที่ 36 สารละลายมาตรฐาน caffeine ความเข้มข้น 25.00 mg/ml

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ — ชื่อสกุล ที่อยู่	นางสาวอุมาพร อติชาติมณี 104 ตรอกวัดราชวรินทร์ 1 ถนนตากสิน แขวงสำเหร่ เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600
สถานที่ทำงาน	โรงพยาบาลศิริราช 2 ถนนพราณนิก เขตบางกอกน้อย จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10700
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภาพถ่ายบำบัด จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2550	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2549- ปัจจุบัน	นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟูหัวใจ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลศิริราช