

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

ผลการดำเนินการศึกษาการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) ในรูปและวัตถุดิบ มีดังต่อไปนี้

#### การเก็บและกำหนดตัวอย่างรูปและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตรูป

ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างรูป 11 ชนิด จาก 8 ยี่ห้อ และวัตถุดิบ 20 ชนิด ในเขตกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด โดยได้ทำการเก็บวัตถุดิบจากแหล่งผลิตรูป ดังนี้

1. จี๋เลื่อยไม้ยางพารา เป็นวัตถุดิบของรูปไห้วพระ ยี่ห้อที่ 1
2. จี๋เลื่อยไม้อัดบางนา กาวอัลฟา จีนขาว จีนแดง และน้ำหอมกลิ่นกุหลาบ เป็นวัตถุดิบของรูปหอม ยี่ห้อที่ 4
3. จี๋เลื่อยไม้มะม่วง พงลูกมะกรูด พงใบเสเดาและตะไคร้ป่นเป็นวัตถุดิบของรูปสมุนไพรไต้ยุง ยี่ห้อที่ 6

สำหรับกำยานชนิดจันทน์ผสม ไม้จันทน์หอม จันทน์เหลียว จันทน์พม่า อบเชย ชะลูด ดอกมะลิและกุหลาบที่จัดซื้อจากแหล่งขายวัตถุดิบ ส่วนซังข้าวโพดได้จากการแกะเมล็ดจากฝักสดออก สับแกนให้เป็นชิ้นเล็ก ก่อนนำไปตากแห้ง ดอกมะลิสดและกุหลาบสด นำมาตากแห้ง จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดผสม

ตัวอย่างรูปและวัตถุดิบที่สังเกตได้ ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



ตารางที่ 4.1 ลักษณะของตัวอย่างรูป

ลำดับ	รหัส ตัวอย่าง	ชนิด ตัวอย่าง	รูปแบบ	ลักษณะ
1	S1-1	รูปไหว้พระ	Incense stick	เนื้อรูปสีครีมอ่อน ก้านไม้สีชมพูเข้ม
2	S1-2	รูปไหว้พระ	Incense stick	เนื้อรูปสีเหลือง ก้านไม้สีชมพูเข้ม
3	S2-1	รูปไหว้พระ	Incense stick	เนื้อรูปสีน้ำตาลแห้ง ก้านไม้สีแดง กลิ้งจันทน์เหลือง
4	S3-1	รูปหอม	Incense stick	เนื้อรูปสีเขียวอ่อน กลิ้งจันทน์ ก้านไม้สีแดง
5	S3-2	รูปหอม	Incense stick	เนื้อรูปสีชมพู กลิ้งกุหลาบ ก้านไม้สีแดง
6	S4-1	รูปหอม	Incense stick	เนื้อรูปสีน้ำตาล มีรูกลวงตรงกลาง กลิ้งแก่นจันทน์ ก้านไม้สีแดง
7	S5-1	รูปกำยาน	Joss stick	เนื้อรูปสีน้ำตาล แท่งตัน กลิ้งแก่นจันทน์ ไม่มีก้านไม้
8	S6-1	รูปสมุนไพรรูปไฉ่ชุน	Incense stick	เนื้อรูปเป็นเกลียวสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ้งตะไคร้ ก้านไม้ไฟ
9	S7-1	รูปไร้ควัน	Incense stick	เนื้อรูปสีน้ำตาล ก้านไม้สีแดง
10	C3-1	รูปหอมรูปกรวย	Cone	ก้อนสีชมพู กลิ้งกุหลาบ
11	C5-1	กำยานรูปทองก้อน	Rock	ก้อนสีน้ำตาล กลิ้งจันทน์

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของตัวอย่างวัตถุสืบ

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ลักษณะ
1	M1-3	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	ผงสีน้ำตาลเข้ม มีความหยาบเล็กน้อย
2	M2-1	จันทน์เหล็ยว	ผงละเอียดสีน้ำตาลแดง
3	M2-2	จันทน์พม่า	ผงละเอียดสีครีมเหลืองอ่อน
4	M2-3	อบเชย	ผงละเอียดสีน้ำตาลแดง
5	M2-4	ชะลูด	ผงละเอียดสีครีม
6	M3-1	ขังข้าวโพด	ผงสีเหลืองครีม มีความหยาบเล็กน้อย
7	M3-2	ดอกมะลิ	ผงสีน้ำตาลอมส้ม
8	M3-3	ดอกกุหลาบ	ผงสีน้ำตาลชมพูแดง มีความหยาบเล็กน้อย
9	M3-4	น้ำมันหอมกลิ่นจำปี	น้ำมัน
10	M4-1	ขี้เลื่อยไม้ฮ้างบางนา	ผงสีน้ำตาลแดง มีความหยาบเล็กน้อย
11	M4-2	ยางบงหรือโกวบั้ง	ผงละเอียดสีน้ำตาลแดง
12	M4-3	จันทขาว	ผงละเอียดสีครีม
13	M4-4	กาวอัลฟา	ผงขาวละเอียดสีขาว
14	M4-9	น้ำหอมกลิ่นกุหลาบ	น้ำมัน
15	M5-1	ไม้จันทน์หอม	ชิ้นไม้ซีก
16	M5-2	กำยานจันทน์ผสม	ผงละเอียดสีน้ำตาล มีความหยาบเล็กน้อย กลิ่นจันทน์
17	M6-1	มะกรูด	ผงละเอียดสีเขียวเหลือง
18	M6-2	สะเดา	ผงหยาบ ๆ สีน้ำตาลแห้ง
19	M6-3	ตะไคร้	ผงผสมเส้นใยชิ้นเล็ก ๆ สีน้ำตาล
20	M6-4	ขี้เลื่อยไม้มะม่วง	ผงละเอียดสีครีม

## ผลการศึกษาวិธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นและควันจากรูปและวัตถุคืบ

จากการทดลองเก็บฝุ่นและควันจากรูปและผงขางบงโดยใช้ชุดอุปกรณ์ 4 แบบ พบว่า ควันที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างรูปและผงขางบงภายใต้กระบอกแก้ว สามารถกักเก็บควันได้หมด ในขณะที่ควันภายใต้กรวยแก้วไม่สามารถกักเก็บควันได้หมด ควันบางส่วนได้ล่อยออกนอกบริเวณกรวย ซึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นและควันจากรูปและวัตถุคืบ ทั้งในลักษณะภายใต้กรวยแก้วและกระบอกแก้ว จะมีอัตราเร็วในการคืบประมาณ 12 ลิตรต่อนาที

อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าที่ส่งความร้อนให้ตัวอย่างผงขางบงผ่านด้วยครุซิบีล และทำให้เกิดควันอยู่ที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเก็บตัวอย่างควันรูปและวัตถุคืบ แต่ละชนิด ตลอดระยะเวลาที่มีการเผาไหม้ภายใต้กระบอกแก้ว ก่อนเข้าสู่ PTFE filter membrane และ sorbent tube ชนิด XAD-2 resin เพื่อหาชนิดและปริมาณสาร PAHs

## ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีทดสอบ

1. ลำดับและ Retention time (RT) ของสารมาตรฐาน PAHs 16 ชนิด และสารมาตรฐานภายใน 2 ชนิด

จากการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานผสม PAHs 16 ชนิด และสารมาตรฐานภายในผสม 2 ชนิด คือ Acenaphthene-d10 (กำหนดเป็น IS1) และ p-Terphenyl-d14 (กำหนดเป็น IS2) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน PAHs และสารมาตรฐานภายในที่เป็นสารละลายเดี่ยว (individual standard) ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าสารมาตรฐาน PAHs 16 ชนิด และสารมาตรฐานภายใน 2 ชนิด มีลำดับและ Retention time (RT) ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ ข1 และ ข2 ภาคผนวก ข ที่แสดงในรูปกระแสรวมของไอออน (Total Ion Current, TIC) และ Extracted Ion Chromatogram ตามลำดับ และภาพที่ ข3 ถึง ข20 ภาคผนวก ข ที่แสดงแมสสเปกตรัมของสารมาตรฐาน PAHs แต่ละชนิด

จากภาพที่ ข1 และ ข2 ภาคผนวก ข พบว่า มีพีคสาร 5 ชุด ที่มีความยากในการแยก ถ้าจะระบุสารด้วย RT หรือ มวลต่อประจุ (m/z) เพียงอย่างเดียว ได้แก่

ชุดแรก คือ Acenaphthene กับ Acenaphthene-d10 (IS1) ที่มี RT เท่ากับ 12.101 และ 12.187 ตามลำดับ ซึ่ง RT มีความใกล้เคียงกัน แต่มี m/z ต่างกัน คือ 153 และ 162 ตามลำดับ

ชุดที่ 2 คือ Phenanthrene กับ Anthracene ที่มี m/z เป็น 178 และ 179 เหมือนกัน และมี RT เท่ากับ 16.190 และ 16.335 ตามลำดับ

จุดที่ 3 คือ Benz[*a*]anthracene และ Chrysene ที่มี *m/z* เป็น 228 และ 229 เหมือนกัน และมี RT เท่ากับ 23.294 และ 23.377 ตามลำดับ

จุดที่ 4 คือ Benzo[*b*]fluoranthene, Benz[*k*]fluoranthene และ Benzo[*a*]pyrene ที่มี *m/z* เป็น 252 เหมือนกัน และมี RT เท่ากับ 27.193, 27.304 และ 28.573 ตามลำดับ

จุดที่ 5 คือ Indeno[*1,2,3-cd*]pyrene, Dibenzo[*a,h*]anthracene และ Benzo[*g,h,i*]perylene ที่มี *m/z* เป็น 277 และ 279 เหมือนกัน และมี RT เท่ากับ 34.315, 34.550 และ 35.712 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ลำดับและเวลา (Retention time) ของสาร PAHs ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร

ลำดับ	PAHs	Retention Time (min)
1	Naphthalene	8.052
2	Acenaphthylene	11.776
3	Acenaphthene	12.105
4	Acenaphthene-d10 (IS1)	12.187
5	Fluorene	13.446
6	Phenanthrene	16.190
7	Anthracene	16.335
8	Fluoranthene	19.483
9	Pyrene	20.089
10	p-Therphenyl-d14 (IS2)	20.478
11	Benz[ <i>a</i> ]anthracene	23.294
12	Chrysene	23.377
13	Benzo[ <i>b</i> ]fluoranthene	27.193
14	Benzo[ <i>k</i> ]fluoranthene	27.304
15	Benzo[ <i>a</i> ]pyrene	28.573
16	Indeno[ <i>1,2,3-cd</i> ]pyrene	34.315
17	Dibenz[ <i>a,h</i> ]anthracene	34.550
18	Benzo[ <i>g,h,i</i> ]perylene	35.712

## 2. การหาค่า Instrument Detection Limit (IDL) และช่วงความเป็นเส้นตรง (Linear Range) ของกราฟมาตรฐาน

จากการตรวจวัดสารละลายมาตรฐาน PAHs จำนวน 16 ชนิด ที่ความเข้มข้น 0.010, 0.050, 0.10, 0.25, 0.50, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 4.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตรของแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายมาตรฐานภายในผสมของ Acenaphthene-d10 และ p-Terphenyl-d14 ความเข้มข้น 0.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในทุกระดับความเข้มข้น ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเท่ากับ 0.005, 0.025, 0.05, 0.125, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.25 และ 2.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ตามสภาวะที่กำหนด ได้ลักษณะ TIC ของสารละลายมาตรฐาน ดังภาพที่ ข21 ภาคผนวก ข และพบว่าค่า signal to noise ratio (S/N) ของ Primary mass ion ของสาร PAHs ทั้ง 16 ชนิด โดยที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเท่ากับ 0.005 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า S/N ตั้งแต่ 3 ถึง 53 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ ข22 และ ข23 ภาคผนวก ข ซึ่งแสดงว่าเครื่อง GC-MS สามารถตรวจวัดสาร PAHs ทั้ง 16 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่ำสุดแล้วให้ค่า signal to noise มากกว่า 3 คือ 0.005 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ มีปริมาณสารเท่ากับ 5 พิโคกรัม

เมื่อทำการพลอตกราฟแบบ internal standard plot method ระหว่างอัตราส่วนของพื้นที่ของ primary ion ของสาร PAHs ที่สนใจต่อ primary ion ของสารมาตรฐานภายใน กับปริมาณของสารมาตรฐาน PAHs ที่ความเข้มข้น 0.005, 0.025, 0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 2.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยให้สาร Acenaphthene-d10 เป็นสารมาตรฐานภายในแก่สาร Nap, Acy, Ace, Flu, Phen, Anth, Flt และ Pyr และให้สาร p-Terphenyl-d14 เป็นสารมาตรฐานภายในแก่สาร BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, Ind, DBahA และ BghiP พบว่าสาร PAHs ทั้ง 16 ชนิด มีความเป็นเส้นตรงและมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Correlation of determination,  $R^2$ ) มากกว่า 0.99 ดังแสดงในภาพที่ ข24 ภาคผนวก ข

ดังนั้น จากผลการตรวจสอบ RT และ IDL รวมทั้งช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานแบบ internal standard plot method ของสารมาตรฐาน PAHs 16 ชนิด กับสารมาตรฐานภายใน 2 ชนิด ด้วย GC-MS ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ นั้น สามารถวิเคราะห์สาร PAHs ในตัวอย่าง โดยพิจารณาจาก RT และมวลต่อประจุ และควบคุมคุณภาพด้วยการกำหนด RT ของสารที่สนใจที่ตรวจพบในตัวอย่าง แตกต่างจาก RT ของสารมาตรฐานได้ไม่เกิน  $\pm 0.1$  นาที

ตารางที่ 4.4 ค่า Instrument Detection Limit (IDL) ของสาร PAHs ที่ความเข้มข้น 0.005 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ลำดับ	PAHs	S/N
1	Naphthalene	33
2	Acenaphthylene	38
3	Acenaphthene	53
4	Acenaphthene-d10 (IS1)*	20123
5	Fluorene	4
6	Phenanthrene	7
7	Anthracene	8
8	Fluoranthene	34
9	Pyrene	24
10	p-Therphenyl-d14 (IS2)*	1420
11	Benz[ <i>a</i> ]anthracene	15
12	Chrysene	38
13	Benzo[ <i>b</i> ]fluoranthene	12
14	Benzo[ <i>k</i> ]fluoranthene	12
15	Benzo[ <i>a</i> ]pyrene	3
16	Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pyrene	4
17	Dibenz[ <i>a,h</i> ]anthracene	3
18	Benzo[ <i>g,h,i</i> ]perylene	7

\*ความเข้มข้น 0.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

### 3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการสกัดสาร PAHs

จากการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการสกัดสารมาตรฐาน PAHs จำนวน 16 ชนิด ที่เติมลงใน PTFE filter membrane และ XAD-2 resin จำนวน 3 ระดับ โดยมีปริมาณสารเป็น 0.05, 2.5 และ 3.75 ไมโครกรัม ด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน แล้วทำการวิเคราะห์สาร PAHs ที่สกัดได้ด้วย GC-MS นั้น ได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

### 3.1 ค่า signal to noise ratio (S/N) ที่ระดับปริมาณสาร 0.05 ไมโครกรัม

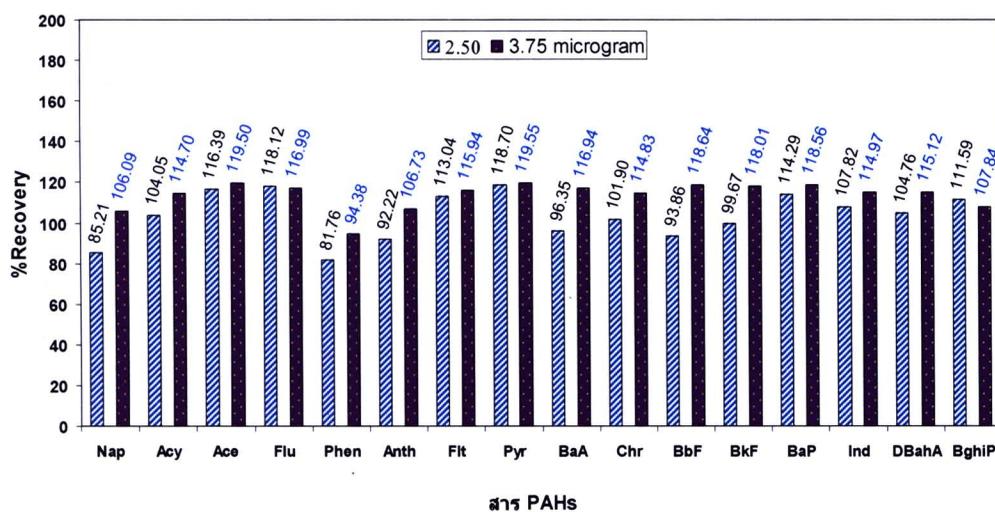
พบว่าสารสกัด PAHs ที่ระดับปริมาณนี้มีค่า S/N มากกว่า 3 ทั้งจากการสกัดจาก PTFE filter membrane และ XAD-2 resin ดังแสดงในภาพที่ ข25 ถึง ภาพที่ ข28 ภาคผนวก ข

### 3.2 ค่าเปอร์เซ็นต์คืนกลับ (%recovery) สาร PAHs 16 ชนิด จากการสกัดใน PTFE filter membrane และ XAD-2 resin ที่ระดับปริมาณสาร 2.5 และ 3.75 ไมโครกรัม ได้ดังนี้

#### 3.2.1 เบอร์เซ็นต์คืนกลับ จากการสกัดใน PTFE filter membrane

Nap	เท่ากับ 85.21 และ 106.09	Acy	เท่ากับ 104.05 และ 114.70
Ace	เท่ากับ 116.39 และ 119.50	Flu	เท่ากับ 81.76 และ 116.99
Phen	เท่ากับ 81.76 และ 94.38	Anth	เท่ากับ 92.22 และ 106.73
Flt	เท่ากับ 113.04 และ 115.94	Pyr	เท่ากับ 118.70 และ 119.55
BaA	เท่ากับ 96.35 และ 116.94	Chr	เท่ากับ 101.90 และ 114.83
BbF	เท่ากับ 93.86 และ 118.64	BkF	เท่ากับ 99.67 และ 118.01
BaP	เท่ากับ 114.29 และ 118.56	Ind	เท่ากับ 107.82 และ 114.97
DBahA	เท่ากับ 104.76 และ 115.12	BghiP	เท่ากับ 111.59 และ 107.84

ดังแสดงในตารางที่ ก1 ภาคผนวก ก และกราฟภาพที่ 4.1

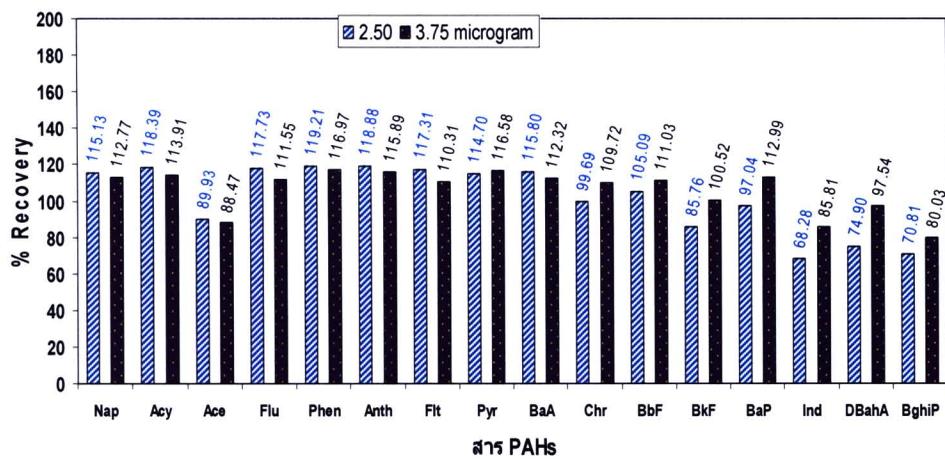


ภาพที่ 4.1 เบอร์เซ็นต์คืนกลับ (%Recovery) ของสาร PAHs 16 ชนิด ที่ได้จากการสกัดใน PTFE filter membrane

### 3.2.2 ค่าเปอร์เซ็นต์คืนกลับสาร PAHs 16 ชนิด จากการสกัดใน XAD-2 resin

Nap	เท่ากับ 115.13 และ 112.77	Acy	เท่ากับ 118.39 และ 113.91
Ace	เท่ากับ 89.93 และ 88.47	Flu	เท่ากับ 117.73 และ 111.55
Phen	เท่ากับ 119.21 และ 116.97	Anth	เท่ากับ 118.88 และ 115.89
Flt	เท่ากับ 117.31 และ 110.31	Pyr	เท่ากับ 114.70 และ 116.58
BaA	เท่ากับ 115.80 และ 112.32	Chr	เท่ากับ 99.69 และ 109.72
BbF	เท่ากับ 105.09 และ 111.03	BkF	เท่ากับ 85.76 และ 100.52
BaP	เท่ากับ 97.04 และ 112.99	Ind	เท่ากับ 68.28 และ 85.81
DBahA	เท่ากับ 74.90 และ 97.54	BghiP	เท่ากับ 70.81 และ 80.03

ดังแสดงในตารางที่ ก1 ภาคผนวก ก และกราฟภาพที่ 4.2



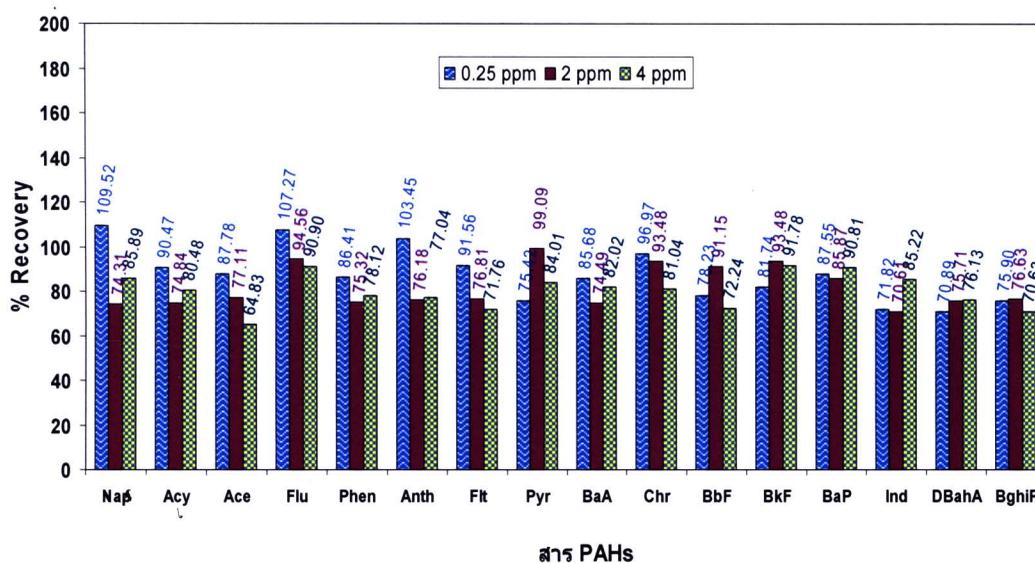
ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์คืนกลับ (%Recovery) ของสารสกัด PAHs 16 ชนิดที่ได้จากการสกัดใน XAD-2 resin

4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการกำจัดสิ่งรบกวน (Clean up) ออกจากสาร PAHs ด้วยการใช้อคอลัมน์ซิลิกาเจล (Silica column)

จากการเติมสารมาตรฐาน PAHs จำนวน 16 ชนิด ลงในคอลัมน์ซิลิกาเจล จำนวน 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0.25, 2.0 และ 4.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตรของแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร แล้วทำการชะสาร PAHs ใน fraction 1 ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และ fraction 2 ด้วยตัวทำละลายผสมไดคลอโรมีเทน : เฮกเซน (40:60) ระเหยสารที่ชะได้จนเหลือ 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายมาตรฐานภายในผสมของ Acenaphthene-d10 และ p-Terphenyl-d14 ความเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในทุกระดับความเข้มข้น ทำให้สาร PAHs ในแต่ละระดับมีความเข้มข้นเป็น 0.125, 1.0 และ 2.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า ไม่มีสาร PAHs ที่ถูกชะออกจากคอลัมน์ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ใน fraction 1 และพบสาร PAHs ทุกตัวถูกชะออกจากคอลัมน์ใน fraction 2 โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์คืนกลับของสาร PAHs ใน fraction 2 ที่ระดับความเข้มข้น 0.125, 1 และ 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนี้

Nap	เท่ากับ 109.52, 74.31 และ 85.89	Acy	เท่ากับ 90.47, 74.84 และ 80.48
Ace	เท่ากับ 87.78, 77.11 และ 64.83	Flu	เท่ากับ 107.27, 94.56 และ 90.90
Phen	เท่ากับ 86.41, 75.32 และ 78.12	Anth	เท่ากับ 103.45, 76.18 และ 77.04
Flt	เท่ากับ 91.56, 76.81 และ 71.76	Pyr	เท่ากับ 75.42, 99.09 และ 84.0
BaA	เท่ากับ 85.68, 74.49 และ 82.02	Chr	เท่ากับ 96.97, 93.48 และ 81.04
BbF	เท่ากับ 78.23, 91.15 และ 72.24	BkF	เท่ากับ 81.74, 93.48 และ 91.78
BaP	เท่ากับ 87.55, 85.87 และ 90.81	Ind	เท่ากับ 71.82, 70.61 และ 85.22
DBahA	เท่ากับ 70.89, 75.71 และ 76.13	BghiP	เท่ากับ 75.90, 76.63 และ 70.63

ดังแสดงในตารางที่ ก1 ภาคผนวก ก และกราฟภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์คืนกลับ (%Recovery) ของสารสกัด PAHs ทั้ง 16 ชนิดจาก Silica column

### ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ในตัวอย่างรูปและวัสดุดิบ

#### 1. ลักษณะของตัวอย่างที่มีการเผาไหม้

จากการเผาไหม้ตัวอย่างรูปจำนวน 11 ชนิด และวัสดุดิบจำนวน 20 ชนิด ทำให้เกิดการลุกไหม้ภายในอุปกรณ์การเก็บควันกระบอกแก้ว สังเกตลักษณะของควันที่เกิดขึ้นมีทั้งสีขาว เหลืองอ่อน น้ำตาลอ่อน เถ้าของตัวอย่างที่ถูกเผาไหม้แล้วส่วนใหญ่มีสีเทา อนุภาคฝุ่นที่ดักเก็บได้ใน PTFE membrane filter ขนาด 0.2 ไมครอน มีสีเหลืองอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม ยกเว้นตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด คือ กลิ่นจ๊อปี้และกลิ่นกุหลาบที่มีลักษณะเป็นคราบน้ำมันอยู่บน PTFE filter membrane ควันของทุกตัวอย่างที่เกิดขึ้นจากการเผาได้ผ่านเข้าไปใน sorbent tube ทำให้ใยแก้วและ XAD-2 resin ในส่วนต้นของ tube มีสีเหลืองอ่อนจาง ๆ จนถึงสีคล้ำ ระยะเวลาที่ตัวอย่างเริ่มมีควันจนถึงควันหมด และปริมาณน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น (particle matter, PM) ที่พบได้ใน PTFE membrane filter ตามตารางที่ ก2 ภาคผนวก ก

สำหรับตัวอย่างรูปแต่ละชนิดที่ถูกเผาไหม้จนหมด เหลือเฉพาะก้านไม้ นำไปชั่งหาน้ำหนักที่เหลือ แล้วคำนวณหักลบกับน้ำหนักก่อนเผาไหม้ ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้ถูกเผาไหม้ ดังตารางที่ 4.5 และใช้น้ำหนักตัวอย่างนี้สำหรับการคำนวณปริมาณสาร PAHs ที่มีอยู่ในตัวอย่าง

ตารางที่ 4.5 ขนาดความยาวและน้ำหนักรูป

รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่างรูป		น้ำหนักตัวอย่างในส่วนที่เผาไหม้ ( $m_b$ ), g
	ก่อนจุด ( $m_i$ ), g	หลังเก็บควัน ( $m_f$ ), g	
S1-1	1.0305	0.1295	0.9010
S1-2	1.2652	0.3433	0.9219
S2-1	1.3956	0.1291	1.2665
S3-1	1.4850	0.3724	1.1126
S3-2	1.3942	0.2540	1.1402
S4-1 A/1	1.2710	0.4148	0.8562
S4-1 A/2	1.1392	0.2771	0.8621
S5-1	0.8318	n/a <sup>1</sup>	0.8318
S6-1	2.2640	0.1850	2.0790
S7-1	1.0530	0.1663	0.8867

<sup>1</sup>ไม่มีก้านรูป

## 2. การสกัด (Extraction) และการกำจัดสิ่งรบกวน (Clean up) ออกจากสาร PAHs

PTFE filter membrane กับ XAD-2 resin ที่ใช้ในการดักเก็บสาร PAHs ในควันรูปและวัสดุคืบนั้น ถูกนำมาเติมด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนและ sonicate ในอ่างน้ำคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic bath) เพื่อทำการสกัดสาร PAHs ระเหยตัวทำละลายออกเพื่อทำให้ปริมาณสารที่สกัดได้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่อง N-evap สำหรับด้านในภาชนะแก้วที่ใช้ในการเก็บควันนั้น ถูกชะด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน และนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator พบว่าสารที่

ระเหยได้จากการสกัด PAHs ใน XAD-2 resin มีลักษณะใส สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ได้ แต่สารที่เหลือจากการระเหยที่มาจากสกัดใน PTFE filter membrane กับจากการชะภาชนะ นั้นมีลักษณะมีสีเหลืองขุ่น จึงต้องนำไปทำการกำจัดสิ่งรบกวน โดยนำสารผ่านลงไปในคอลัมน์ซิลิกาเจล และใช้ตัวทำละลายผสม ไคคลอโรมีเทน : เฮกเซน (4:6) เป็นตัวชะให้สาร PAHs แยกออกจากสิ่งรบกวน ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

### 3. ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสาร PAHs ในตัวอย่างรูปและวัตถุคิบ

เมื่อทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร PAHs ในตัวอย่างรูปและวัตถุคิบที่ผ่านการสกัดและกำจัดสิ่งรบกวนแล้ว เทียบกับกราฟมาตรฐานแบบ internal standard plot method ของสารมาตรฐาน PAHs 16 ชนิด ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่า ทั้ง PTFE filter membrane, XAD-2 resin และจากการชะอุปกรณ์แก้วที่ใช้เก็บควันของตัวอย่างรูปและวัตถุคิบที่ถูกเผาไหม้ พบสาร PAHs จากการสกัด ดังแสดงค่าสาร PAHs ในตารางที่ ก3 และ ก4 ของภาคผนวก ก ตามลำดับ และแสดงโครมาโทแกรมสาร PAHs ของควันรูปและวัตถุคิบ แบบ TIC ดังภาพที่ ข29 - ข61 ภาคผนวก ข

จากตารางที่ ก3 และ ก4 ภาคผนวก ก พบว่ามีสาร PAHs เกาะอยู่ที่อนุภาคฝุ่นบน PTFE filter membrane และจากการชะด้านข้างในกระบอกแก้ว แต่พบสาร PAHs ส่วนใหญ่ที่อยู่ใน XAD-2 resin แสดงว่า สาร PAHs ที่อยู่ในควันของตัวอย่างรูปและวัตถุคิบที่ถูกเผาไหม้ มีส่วนหนึ่งไปเกาะกับอนุภาคฝุ่น โดยฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 2 ไมครอน ถูกดักเก็บไว้ที่ PTFE membrane filter ไอสารและละอองฝุ่นบางส่วนเกาะที่ผิวด้านในของแก้ว และสาร PAHs ส่วนใหญ่ที่อยู่ในสถานะแก๊ส สามารถลอยเข้าไปที่ sorbent tube ที่มี XAD-2 resin เป็นตัวดูดซับสาร PAHs ดังนั้น ในการพิจารณาข้อมูลการตรวจพบสาร PAHs ในตัวอย่างควันรูปและวัตถุคิบ จึงใช้ข้อมูลสาร PAHs ของควันรูปและวัตถุคิบแต่ละชนิดที่ได้จากการรวมสาร PAHs ที่พบใน PTFE filter membrane XAD-2 resin และที่ติดอยู่ในภาชนะแก้วสำหรับการเก็บควัน ดังแสดงในตารางที่ ก5 และ ก6 ของภาคผนวก ก.

#### 3.1 เปรียบเทียบสาร PAHs ที่พบในตัวอย่างรูป

จากตารางที่ ก5 ภาคผนวก ก พบว่า

3.1.1 รูปส่วนใหญ่ที่มีการเผาไหม้แล้ว พบสาร PAHs หลายชนิดทั้งในควันและฝุ่น และสาร PAHs ที่พบในปริมาณสูง คือ Nap > Phen > Acy > Flu > Anth > Ace ซึ่งเป็นสาร PAHs ที่มีวงเบนซีน 2-3 วง น้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 200 นอกจากนี้ ยังพบ Flt, Pyr และ BghiP ในควันรูป ซึ่งสาร Ace, Flu, Phen, Anth, Flt, Pyr และ BghiP ถูกจัดให้อยู่ใน Group 3 คือสารที่ไม่ก่อมะเร็งในคน (not classifiable as to carcinogenicity to humans) ถูกพบในรูปทั้ง 11 ชนิด โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

รูปหอมกลิ่นกุหลาบ (S3-2) รูปหอมกลิ่นแก่นจันทร์ (S4-1) กายานรูปทองก้อน (C5-1) รูปไหว้พระสี่เหลียง (S1-2) รูปไร่คว้น (S7-1) รูปหอมรูปกรวยกลิ่นกุหลาบ (C3-1) รูปหอมกลิ่นจำปี (S3-1) รูปไหว้พระสี่ศรีมอ่อน (S1-1) รูปกายาน (S5-1) รูปไหว้พระกลิ่นจันทร์ (S2-1) รูปสมุนไพโรไลยง (S6-1) ในปริมาณ 22.1406, 20.2799, 16.7401, 14.0920, 13.7115, 13.6332, 12.0052, 10.4509, 8.6753, 5.6382 และ 2.8856 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3.1.2 พบสาร BaP ที่มีวงเบนซีน 5 วง น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 252.3 ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 คือ สารที่ก่อมะเร็งในคน (carcinogenic to humans) ในรูปทั้ง 11 ชนิด โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

รูปหอมกลิ่นกุหลาบ (S3-2) รูปไร่คว้น (S7-1) รูปหอมกลิ่นแก่นจันทร์ (S4-1) รูปหอมกลิ่นจำปี (S3-1) รูปกายาน (S5-1) กายานรูปทองก้อน (C5-1) รูปไหว้พระสี่เหลียง (S1-2) รูปไหว้พระสี่ศรีมอ่อน (S1-1) รูปหอมรูปกรวยกลิ่นกุหลาบ (C3-1) รูปสมุนไพโรไลยง (S6-1) รูปไหว้พระกลิ่นจันทร์ (S2-1) ในปริมาณ 1.7769, 0.5049, 0.4081, 0.3322, 0.3266, 0.2929, 0.2767, 0.2636, 0.2092, 0.0922 และ 0.0875 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3.1.3 พบสาร DBahA ที่มีวงเบนซีน 5 วง น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 278.4 ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2A คือ สารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน (probably carcinogenic to humans) ในรูป 4 ชนิด โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

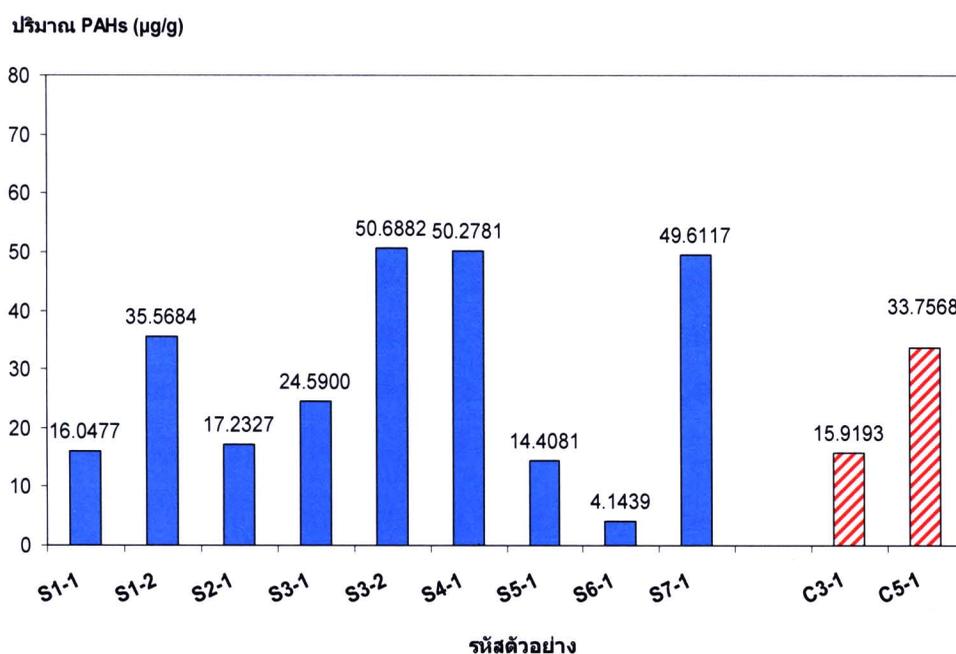
รูปไหว้พระสี่เหลียง (S1-2) รูปหอมกลิ่นจำปี (S3-1) รูปหอมกลิ่นกุหลาบ (S3-2) รูปหอมรูปกรวยกลิ่นกุหลาบ (C3-1) ในปริมาณ 0.1143, 0.0531, 0.0261 และ 0.0191 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3.1.4 พบสาร PAHs ที่เป็นสาร Group 2B คือ สารที่อาจก่อมะเร็งในคน (possibly carcinogenic to humans) จำนวน 5 ชนิด คือ สาร BaA และ Chr ที่มีวงเบนซีน 4 วง น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 228.3 สาร BbF และ BkF ที่มีวงเบนซีน 5 วง น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 252.3 และ Ind ที่มีวงเบนซีน 6 วง น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 276.3 ในรูป 2 ชนิด คือ รูปสมุนไพโรไลยง (S6-1) และรูปไหว้พระสี่ศรีมอ่อน (S1-1) และพบว่ารูปอีก 9 ชนิด มีสาร PAHs อย่างน้อย 2-4 ชนิด คือ สาร BaA, Chr, BbF, BkF และ Ind ที่เป็นสาร Group 2B คือ สารที่อาจก่อมะเร็งในคน โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

รูปหอมกลิ่นกุหลาบ (S3-2) กายานรูปทองก้อน (C5-1) รูปหอมกลิ่นแก่นจันทร์ (S4-1) รูปหอมรูปกรวยกลิ่นกุหลาบ (C3-1) รูปไหว้พระสี่ศรีมอ่อน (S1-1) รูปกายาน (S5-1) รูปหอมกลิ่นจำปี (S3-1) รูปสมุนไพโรไลยง (S6-1) รูปไหว้พระสี่เหลียง (S1-2) รูปไร่คว้น (S7-1) รูป

ไพบัวพระกลันจันท์ (S2-1) ในปริมาณ 3.9812, 1.8406, 1.4785, 1.4754, 1.1387, 0.7981, 0.6515, 0.6026, 0.5819, 0.5711 และ 0.2785 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

จากข้อมูลสาร PAHs ที่พิจารณาได้ในเฉพาะ Group 1, 2A และหรือ 2B ซึ่งเป็นสาร PAHs ที่เกี่ยวข้องเป็นสารก่อมะเร็งในคน เปอร์เซ็นต์สาร PAHs ที่พบในตัวอย่างรูปที่ทำการศึกษา 11 ชนิด จาก 8 ยี่ห้อ และถูกเก็บจากแหล่งผลิตและจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัด ถูกตรวจพบในตัวอย่างควันรูปสมุนไพรไต้ยุง (S6-1) รูปหอมกลันกุหลาบ (S3-2) รูปหอมรูปกรวยกลันกุหลาบ (C3-1) รูปไพบัวพระสีครีมอ่อน (S1-1) รูปกำยาน (S5-1) กำยานรูปทองก้อน (C5-1) รูปหอมกลันจำปี (S3-1) รูปหอมกลันแก่นจันทน์ (S4-1) รูปไพบัวพระสีเหลือง (S1-2) รูปไร้ควัน (S7-1) รูปไพบัวพระกลันจันท์ (S2-1) คือ 16.7, 11.4 , 10.7, 8.7, 7.8, 6.3, 4.2 , 3.8, 2.7, 2.2 และ 2.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสาร PAHs รวมทั้ง 16 ชนิด และเมื่อพิจารณาเป็นสาร PAHs รวม 16 ชนิดในตัวอย่างควันรูป 11 สามารถแสดงปริมาณได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ปริมาณสาร PAHs รวมในตัวอย่างควันรูป



จากภาพที่ 4.4 สามารถเรียงตามลำดับของปริมาณสาร PAHs รวม ของควันรูป จากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้

รูปหอมกลิ่นกุหลาบ (S3-2) รูปหอมกลิ่นแก่นจันทร์ (S4-1) รูปไร่คว้น (S7-1) รูปไหว้พระสี่เหลียง (S1-2) กายานรูปทองก้อน (C5-1) รูปหอมกลิ่นจำปี (S3-1) รูปไหว้พระกลิ่นจันทร์ (S2-1) รูปไหว้พระสี่ครีมนอ่อน (S1-1) รูปหอมรูปกรวยกลิ่นกุหลาบ (C3-1) รูปกายาน (S5-1) รูปสมุนไพโรย (S6-1)

3.2 เปรียบเทียบสาร PAHs จากข้อมูลในตารางที่ 6 ที่พบในตัวอย่างวัตถุติดตามภูมิปัญญาหรือจากธรรมชาติกับวัตถุติดจากอุตสาหกรรม แบ่งเป็น 3 ประเภท คือวัตถุติดที่ช่วยให้เกิดการลุกไหม้ วัตถุที่ช่วยในการยึดติด และให้กลิ่นหอมได้ผลดังนี้

### 3.2.1 ประเภทวัตถุติดที่ช่วยให้เกิดการลุกไหม้

3.2.1.1 วัตถุติดตามภูมิปัญญาหรือจากธรรมชาติ 12 ชนิด คือ ไม้จันทร์หอม (M5-1) ผงจันทร์เหลือง (M2-1) ผงจันทร์พม่า (M2-2) ผงกายานจันทร์ผสม (M5-2) อบเชย (M2-3) ชะลูด (M2-4) ผงจากลูกมะกรูด (M6-1) ผงใบสะเดา (M6-2) ตะไคร้ป่น (M6-3) ชั่งข้าวโพด (M3-1) ดอกมะลิ (M3-2) ดอกกุหลาบ (M3-3) วัตถุติดเหล่านี้มีบางชนิดที่ให้กลิ่นหอมแรง เช่น ผงไม้จันทร์ ไม้จันทร์หอม จันทร์ผสม อบเชย ชะลูด ส่วนชนิดอื่น ๆ ให้กลิ่นหอมเล็กน้อย มีความเกี่ยวข้องกับการก่อมะเร็งในคน ดังนี้

1) พบสาร BaP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 ในตัวอย่างวัตถุติด 7 ชนิด คือ ไม้จันทร์หอม (M5-1) กายานจันทร์ผสม (M5-2) สะเดา (M6-2) มะกรูด (M6-1) ชั่งข้าวโพด (M3-1) ตะไคร้ (M6-3) และอบเชย (M2-3) ในปริมาณ 0.3248, 0.3523, 0.2183, 0.1371, 0.0960, 0.0954 และ 0.0729 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

2) พบสาร DBaA ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2A ในตัวอย่างวัตถุติด 2 ชนิด คือ จันทร์พม่า (M2-2) และชะลูด (M2-4) ในปริมาณ 0.2149 และ 0.2119 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3) พบสาร PAHs ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2B ได้แก่ สาร BaA, Chr, BbF, BkF และ Ind อย่างน้อย 1-5 สาร ในวัตถุติดตามภูมิปัญญาหรือจากธรรมชาติ จำนวน 10 ชนิด คือ ไม้จันทร์หอม (M5-1) มะกรูด (M6-1) สะเดา (M6-2) ชะลูด (M2-4) อบเชย (M2-3) กายานจันทร์ผสม (M5-2) ดอกกุหลาบ (M3-3) จันทร์พม่า (M2-2) จันทร์เหลือง (M2-1) ดอกมะลิ (M3-2) และชั่งข้าวโพด (M3-1) เท่ากับ 1.3883, 1.1827, 1.0630, 0.7506, 0.7319, 0.7193, 0.4654, 0.2582, 0.2050, 0.2033 และ 0.1398 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

4) พบสาร PAHs เช่น สาร Ace, Flu, Phen, Anth, Flt, Pyr และ BghiP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 3 ในไม้จันทน์หอม (M5-1) ชะลูด (M2-4) สะเดา (M6-2) จันทน์เหลียว (M2-1) ดอกมะลิ (M3-2) กายานจันทน์ผสม (M5-2) ชั่งข้าวโพด (M3-1) มะกรูด (M6-1) จันทน์พม่า (M2-2) อบเชย (M2-3) ดอกกุหลาบ (M3-3) ตะไคร้ (M6-3) ในปริมาณ 14.5732, 8.8237, 8.3159, 7.6069, 6.2586, 6.0294, 5.4462, 4.8147, 4.6095, 4.3938, 4.2400 และ 3.7608 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3.2.1.2 วัตถุประสงค์จากอุตสาหกรรม ที่ช่วยให้เกิดการลุกลามใหม่ จำนวน 4 ชนิด คือ จี๊เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) จี๊เลื่อยไม้อัด (M4-1) จี๊เลื่อยไม้มะม่วง (M6-4) และจันทขาว (M4-3) มีความเกี่ยวข้องกับการก่อมะเร็งในคน ดังนี้

1) พบสาร BaP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 ในจี๊เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) จี๊เลื่อยไม้อัด (M4-1) และจันทขาว (M4-3) ในปริมาณ 0.5715, 0.4095 และ 0.0922 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

2) พบสาร DBahA ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2A ในจี๊เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) และจันทขาว (M4-3) ในปริมาณ 1.9545 และ 0.6221 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

3) พบสาร PAHs ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2B ในจี๊เลื่อยไม้อัด คือ สาร BaA, Chr, BbF และ Ind มีปริมาณสาร PAHs รวม 4 ชนิด เท่ากับ 1.8888 ไมโครกรัมต่อกรัม จี๊เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) พบสาร BbF, BkF และ Ind มีปริมาณสาร PAHs รวม 3 ชนิด เท่ากับ 1.6602 ไมโครกรัมต่อกรัม จี๊เลื่อยไม้มะม่วง (M6-4) พบสาร Ind ปริมาณ 0.2723 ไมโครกรัมต่อกรัม และจันทขาว (M4-3) พบสาร BbF ปริมาณ 0.1908 ไมโครกรัมต่อกรัม

4) พบสาร PAHs ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 3 ในจี๊เลื่อยไม้อัดบางนา (M4-1) จี๊เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) จี๊เลื่อยไม้มะม่วง (M6-4) จันทขาว (M4-3) มีปริมาณ 14.8437, 5.4748, 5.1867 และ 3.1979 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

### 3.2.2 ประเภทวัตถุประสงค์ที่ช่วยในการยึดติด

3.2.2.1 วัตถุประสงค์จากธรรมชาติ ได้แก่ ผงยางบงหรือโกวบั้ง (M4-2) พบสาร PAHs ที่มีความเกี่ยวข้องกับการก่อมะเร็งในคน ดังนี้

1) พบสาร BaP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 ปริมาณ 0.0649 ไมโครกรัมต่อกรัม

2) พบสาร BaA, Chr, BbF, BkF และ Ind ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2B มีปริมาณสาร PAHs รวม 5 ชนิด เท่ากับ 1.3582 ไมโครกรัมต่อกรัม

3) พบสาร PAHs ชนิด Ace, Flu, Phen, Anth, Flt, Pyr และ BghiP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 3 มีปริมาณรวม 3.6904 ไมโครกรัมต่อกรัม

3.2.2.2 วัตถุติดจากอุตสาหกรรม ได้แก่ กาวอัลฟา (M4-4)

1) พบสาร BaP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 ปริมาณ 0.1241 ไมโครกรัมต่อกรัม

2) พบสาร PAHs ชนิด Ace, Flu, Phen, Anth, Flt และ Pyr ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 3 มีปริมาณรวม 3.2504 ไมโครกรัมต่อกรัม

3.2.3 ประเภทวัตถุติดที่ให้กลิ่นหอม เป็นวัตถุติดจากธรรมชาติ คือ น้ำมันหอมกลิ่นจำปี (M3-4) และน้ำมันหอมกลิ่นกุหลาบ (M4-9)

3.2.3.1 พบสาร PAHs ใน Group 2B คือ สาร BbF ปริมาณ 1.2360 ไมโครกรัมต่อกรัมในน้ำมันหอมกลิ่นจำปี (M3-4) และสาร BkF ปริมาณ 0.1140 ไมโครกรัมต่อกรัมในน้ำมันหอมกลิ่นกุหลาบ (M4-9)

3.2.3.2 พบสาร PAHs ใน Group 3 คือ สาร Phen ปริมาณ 1.4805 ไมโครกรัมต่อกรัมในน้ำมันหอมกลิ่นกุหลาบ (M4-9) และสาร Flu, Phen, Anth และ Flt ปริมาณรวม 12.7810 ไมโครกรัมต่อกรัมในน้ำมันหอมกลิ่นจำปี (M3-4)

จากผลการเปรียบเทียบสาร PAHs ที่พบในตัวอย่างวัตถุติดในประเภทวัตถุติดตามภูมิปัญญาหรือจากธรรมชาติ (ค) และ วัตถุติดจากอุตสาหกรรม (ง) ที่เผาไหม้แล้ว นั้นพบว่า

1. วัตถุติดทุกชนิด พบสาร PAHs ชนิด Phen, Nap, Anth, Acy และ Flt
2. พบสาร BaP ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 1 ในวัตถุติด 12 ชนิด โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) ขี้เลื่อยไม้อัดบางนา (M4-1) กำยานจันทน์ผสม (M5-2) ไม้จันทน์หอม (M5-1) สะเดา (M6-2) มะกรูด (M6-1) กาวอัลฟา (M4-4) ชั่งข้าวโพด (M3-1) ตะไคร้ (M6-3) จันทขาว (M4-3) อบเชย (M2-3) ยางบงหรือโกวบั้ง (M4-2)

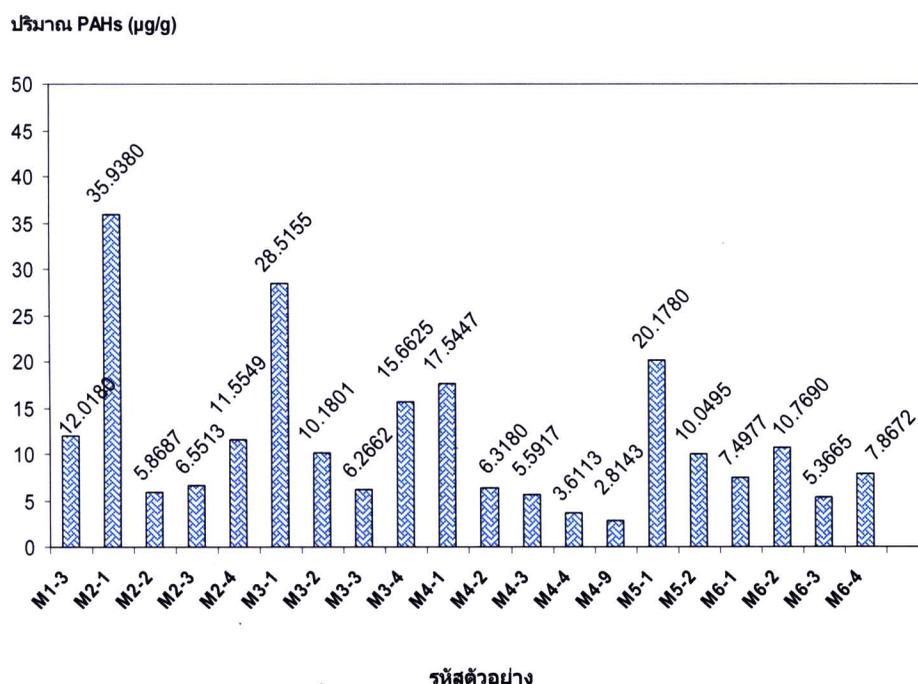
ซึ่งแสดงว่าไม่พบ BaP ในวัตถุติดประเภท จันทน์เหลียว (M2-1) จันทน์พม่า (M2-2) ชะลูด (M2-4) ดอกมะลิ (M3-2) ดอกกุหลาบ (M3-3) ขี้เลื่อยไม้มะม่วง (M6-4) น้ำมันหอมกลิ่นจำปี (M3-4) และน้ำมันหอมกลิ่นกุหลาบ (M4-9)

3. พบสาร DBahA ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2A ในวัตถุติด 4 ชนิด โดยมีลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (M1-3) จันทขาว (M4-3) ชะลูด (M2-4) จันทน์พม่า (M2-2)

4. พบสาร PAHs ที่ถูกจัดให้อยู่ใน Group 2B อย่างน้อย 1-5 สาร ในวัตถุคิบ 20 ชนิด เป็นจำนวน 19 ชนิด ยกเว้นไม่พบใน กาวอัลฟา (M4-4)

จากข้อมูลสาร PAHs ที่พิจารณาได้ในเฉพาะ Group 1, 2A และหรือ 2B ซึ่งเป็นสาร PAHs ที่เกี่ยวข้องเป็นสารก่อมะเร็งในคน เปอร์เซ็นต์สาร PAHs ที่พบในวัตถุคิบ คือ จี๊เลื้อยไม้ ยางพารา (M1-3) ยางบงหรือโกวบั้ง (M4-2) มะกรูด (M6-1) จันขาว (M4-3) จี๊เลื้อยไม้อัดบางนา (M4-1) ออบเซย (M2-3) สะเดา (M6-2) กำยานจันท์ผสม (M5-2) ไม้จันท์หอม (M5-1) ชะลูด (M2-4) น้ำมันหอมกลิ่นจ๊าปี (M3-4) ดอกกุหลาบ (M3-3) จันท์พม่า (M2-2) ตะไคร้ (M6-3) น้ำมันหอมกลิ่นกุหลาบ (M4-9) จี๊เลื้อยไม้มะม่วง (M6-4) กาวอัลฟา (M4-4) ดอกมะลิ (M3-2) ชั่งข้าวโพด (M3-1) จันท์เหลิ้ว (M2-1) คือ 34.4, 22.5, 17.6, 16.2, 13.1, 12.3, 11.9, 10.7, 8.5, 8.3, 7.9, 7.4, 5.6, 5.5, 4.1, 3.5, 3.4, 2.0, 0.8 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสาร PAHs รวมทั้ง 16 ชนิด และเมื่อพิจารณาเป็นสาร PAHs รวม 16 ชนิด ในควันวัตถุคิบทั้ง 20 ชนิด สามารถแสดงปริมาณได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ปริมาณสาร PAHs รวมในตัวอย่างควันวัตถุคิบ

จากภาพที่ 4.5 สามารถเรียงตามลำดับของปริมาณสาร PAHs รวม ของวัตถุดิบจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้

จันทน์เหล็ยว (M2-1) ชั่งข้าวโพด (M3-1) ไม้จันทน์หอม (M5-1) จี่เล็ยไม้อัดบางนา (M4-1) น้ำมันหอมกลีนจ่าปี (M3-4) จี่เล็ยไม้ยางพารา (M1-3) ชะลูด (M2-4) สะเดา (M6-2) ดอกมะลิ (M3-2) ก่ายานจันทน์ผสม (M5-2) จี่เล็ยไม้มะม่วง (M6-4) มะกรูด (M6-1) อบเชย (M2-3) ยางบงหรือโกวบ้ะ (M4-2) ดอกกุหลาบ (M3-3) จันทน์พม่า (M2-2) จันขาว (M4-3) ตะไคร้ (M6-3) กาวอัลฟ้า (M4-4) น้ำมันหอมกลีนกุหลาบ (M4-9)