



การประยุกต์ใช้ Activated Carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง

โดย

นางสาวจันทนา ระรินรัมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**APPLICATION OF ACTIVATED CARBON TO THE IDENTIFICATION OF FLAMMABLE
LIQUIDS**

By

Janthana Raruenrom

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

MASTER OF SCIENCE

Program of forensic science

Graduate School, Silpakorn University

SILPAKORN UNIVERSITY

2008

การประยุกต์ใช้ Activated Carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง

โดย

นางสาวจันทนา วรรณรัมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การประยุกต์ใช้ Activated Carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง ” เสนอโดย นางสาวจันทนา ธารีรัมย์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตั้งกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

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

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(พันตำรวจโทณภพ ชุณหกรรณ์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(พันตำรวจโทหญิง อัมพิกา ลีลาพจนานพร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี)

...../...../.....

49312303 : สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : น้ำมันเชื้อเพลิง, Activated carbon, Charcoal strip

จันทนา วรรณรัมย์ : การประยุกต์ใช้ Activated carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และ อ.ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์ นารี. 71 หน้า.

การตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเชื้อเพลิง ปัจจุบันนิยมใช้ Charcoal strip (DFLEX) ที่ผลิตจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง ในการเก็บไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิง บนวัตถุพยาน เช่น เสื้อผ้า หรือเศษซากหลังเกิดเหตุเพลิงไหม้ ในการศึกษาจะนำ Activated carbon ที่สามารถซื้อได้ทั่วไป มาใช้แทน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับระหว่าง Charcoal strip กับ Activated carbon โดยนำตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด มาดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซินในภาชนะปิด แล้วทำการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน เพื่อนำไปตรวจพิสูจน์ด้วยเทคนิค GC/FID

จากการทดลองพบว่า Activated carbon สามารถดูดซับน้ำมันเบนซินได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับพบว่า % Recovery เมื่อใช้ Activated carbon ได้เท่ากับ 67.76% และเมื่อใช้ Charcoal strip ได้เท่ากับ 69.74% ซึ่งจะเห็นว่าค่าใกล้เคียงกันมาก จึงสามารถนำ Activated carbon มาใช้เป็นตัวดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงแทนได้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2.

49312303 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEY WORD : FLAMMABLE, ACTIVATED CARBON, CHARCOAL STRIP

JANTHANA RARUENROM : APPLICATION OF ACTIVATED CARBON TO THE IDENTIFICATION OF FLAMMABLE LIQUIDS THESIS

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

A charcoal strip (DFLEX) obtained from overseas is widely used to collect the vapour of unburned flammable liquids on arson evidence such as cloth or other unburned debris. In this study an activated carbon commonly available was employed as a substitute for the charcoal strip

The adsorption efficiencies of the charcoal strip and activated carbon were compared in this study. The two adsorbents were used to adsorb the vapour of gasoline in closed container. The adsorbent was then extracted by using dichloromethane as a solvent. The extract was analysed by the technique of GC/FID.

It was found that the activated carbon adsorbed the gasoline vapour with the recovery of 67.76% compared to the value of 69.74% from the use of charcoal strip. The result thus encourage the use of activated carbon as an adsorbent for the flammable liquid in order to reduce the analysis cost.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อ.ดร.สุภชัย สุภลักษณ์นารี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด

พันตำรวจโทณภพ ชุณหกรรณ์ และ พันตำรวจโทหญิง อัมพิกา ลีลาพจนานพร ที่กรุณาสละเวลา เป็นอาจารย์สอนวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

เจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกๆ ท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประสานงาน และให้คำแนะนำในเรื่องการวิจัยรวมทั้งแนะนำการใช้เครื่องมือให้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ๆ กลุ่มพิษวิทยาและเคมี สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ ทุกๆท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณและขอบใจพี่ๆ และเพื่อน ศูนย์ตรวจสอบและรับรองคุณภาพสมุนไพร สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ เพื่อเตรียมอุปกรณ์ในการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ กราบขอบพระคุณ ของบิดา มารดา ผู้คอยให้กำลังใจ และให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับผู้วิจัย

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
สมมติฐานของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	2
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	3
กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ปิโตรเลียม (Petroleum).....	4
น้ำมันเบนซิน(Gasoline)	8
แก๊สโซฮอล์(Gasohol)	18
Activated carbon.....	19
Dichloromethane (DCM).....	24
Gas Chromatography (GC).....	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
3 การทดลอง.....	38
วิธีการวิจัย	39

สารบัญ

	หน้า
4 ผลการทดลอง.....	42
การทดสอบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเบนซินออกมาจากตัวดูดซับ	42
การทดสอบวัสดุที่ใช้ในการวิจัย	43
การวิเคราะห์น้ำมันเบนซิน.....	44
การทดสอบการดูดซับเพื่อหาปริมาณ Activated carbon ที่เหมาะสม.....	46
การทดสอบการประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน	47
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน	48
การทำ Calibration curve.....	51
การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสอง	53
5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	54
ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม.....	58
ภาคผนวก	60
ประวัติผู้วิจัย	71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ALKYL SUBSTITUTED BENZENE DERIVATIVES.....	12
2	คุณสมบัติของ dichloromethane.....	24
3	ประเภทของเครื่องตรวจวัดต่างๆ ไปที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	29
4	ผลการทดสอบวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	43
5	Retention time ทั้ง 5 ที่สนใจ.....	45
6	ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 1 µl/ml.....	48
7	ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 0.5 µl/ml.....	48
8	ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 0.1 µl/ml.....	49
9	ค่าความเข้มข้นของวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ.....	52
10	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิดที่ Retention time เท่ากับ 3.074.....	53
11	ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	55
12	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด.....	56
13	ผลการวิเคราะห์หา particle size.....	60
14	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time 4.963.....	66
15	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time 5.204.....	67
16	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time 5.729.....	67
17	การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time 7.035.....	68

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 พอล แอร์ดิช ผู้ค้นพบน้ำมัน.....	5
2 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ.....	6
3 Chromatogram เอกลักษณะของน้ำมันเบนซิน.....	17
4 ผิวถ่านกะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง.....	19
5 ถ่ายพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง.....	20
6 แบบจำลองโครงสร้างภายในถ่านกัมมันต์.....	21
7 ถ่านกัมมันต์แบบผง.....	22
8 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด.....	23
9 แผนผังลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	26
10 ส่วนประกอบพื้นฐานของ MS.....	31
11 Electron Ionization.....	32
12 Chemical Ionization.....	32
13 กลไกการเกิด fragment ของ EI และ CI.....	32
14 Quadrupole Detector.....	33
15 Electron Multiplier Schematic.....	33
16 Interpreting spectra.....	34
17 กระดาษ kimwipes.....	39
18 Activated carbon.....	39
19 Charcoal strip ของทางการค้า.....	39
20 Activated carbon ที่บรรจุในถุงชา.....	40
21 กระป๋องที่ใช้ในการทดลอง.....	40
22 Chromatogram ของ dichloromethane	42
23 Chromatogram ของ Activated carbon.....	43
24 Chromatogram ของน้ำมันเบนซิน (ก) เทคนิค GC/FID (ข) เทคนิค GC/MS ...	44
25 Chromatogram (ก) 0.1 g (ข) 0.5 g (ค) 1.0 g.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
26 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 1 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip (ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน.....	47
27 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$	49
28 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{l/ml}$	50
29 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1.0 $\mu\text{l/ml}$	50
30 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 3.074.....	51
31 วัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ.....	51
32 Chromatogram ของวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ	52
33 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ระหว่างตัวดูดซับทั้งสอง.....	55
34 กำลังขยาย 30 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip.....	59
35 กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip.....	59
36 กำลังขยาย 5000 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip.....	59
37 Chromatogram (ก) กระดาษ kimwipes (ข) ถุงชา (bag) (ค) Activated carbon (ง) Charcoal strip	61
38 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip(ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน.....	62
39 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip(ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน.....	63
40 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 4.963.....	63
41 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 5.204.....	64
42 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 5.729.....	64
43 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 7.035.....	65

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์บ้านเมืองในปัจจุบัน ประเทศไทยต้องเผชิญกับปัญหาเหตุการณ์ความรุนแรงใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งเหตุการณ์หนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งคือการลอบวางเพลิงสถานที่ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงเรียน ซึ่งถือว่ามีผลกระทบต่อการศึกษาของเยาวชนที่เป็นอนาคตของชาติอย่างมาก รวมไปถึงการลอบวางเพลิงสถานที่ต่างๆ ตลอดจนบ้านเรือนประชาชนเขตจังหวัดอื่นๆ ทั่วประเทศ การสืบสวนคดีอัคคีภัยนั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยากเพราะ พยานหลักฐานต่างๆ ที่สามารถบ่งชี้ตัวผู้วางเพลิงได้ เช่น fingerprint footprint DNA มักจะถูกเผาไปพร้อมกับกองไฟแล้ว นักนิติวิทยาศาสตร์จึงต้องทำหน้าที่ในการค้นหาหลักฐานอย่างอื่น ซึ่งมักพบน้ำมันเชื้อเพลิงในที่เกิดเหตุ อาจอยู่ในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด หลงเหลืออยู่กับซากปรักหักพังหลังการเกิดเพลิงไหม้ หรือแม้กระทั่งพบในรูปของของเหลวที่ผู้ก่อเหตุอาจวางทิ้งไว้ การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุกรณีการเกิดเพลิงไหม้จำเป็นต้องหาสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ว่าเกิดจากอุบัติเหตุ ไฟฟ้าลัดวงจร หรือสาเหตุอื่นๆ รวมถึงการลอบวางเพลิง จึงต้องมีการเก็บวัตถุพยานไม่ว่าจะเป็นซากปรักหักพัง หรือ ของเหลวที่สงสัยว่าอาจมีน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจพิสูจน์ว่ามีน้ำมันเชื้อเพลิง หรือไม่ ชนิดใด มาทำการตรวจพิสูจน์เพื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ต้องสงสัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพิจารณาคดี และพิสูจน์การกระทำผิดของบุคคล เพื่อเป็นข้อมูลในการสืบสวนเชื่อมโยงจนได้ตัวผู้ที่กระทำผิดมาลงโทษ

การวางเพลิง หมายถึง การเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากการกระทำโดยเจตนาของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลที่ตั้งใจทำให้เกิดเพลิงไหม้โดยการจุดไฟเผา ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล เนื่องจากมีจุดติดไฟต่ำมาก ทำให้เกิดการเผาไหม้และแผ่ขยายได้อย่างรวดเร็ว โดยน้ำมันทุกชนิดเป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด คือ คาร์บอน และ ไฮโดรเจน โดยอาจมีธาตุอโลหะชนิดอื่น เช่น กำมะถัน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฯลฯ ปนอยู่ด้วย ซึ่งสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย การตรวจพิสูจน์หาชนิดของน้ำมันในปัจจุบันนิยมใช้เทคนิค Gas Chromatograph (GC) ในบางครั้งอาจนำมาใช้ร่วมกับเทคนิค Mass Spectrometry เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานก็จะทำให้ทราบว่าเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่

ทั้งนี้สิ่งที่ต้องทำการพัฒนาในปัจจุบัน คือ กระบวนการเก็บวัตถุดิบในที่เกิดเหตุ เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถระเหยได้ง่ายมาก จึงต้องมีการพัฒนาวิธีการเก็บวัตถุดิบจากสถานที่เกิดเหตุเพื่อป้องกันการสูญเสียของน้ำมันเชื้อเพลิง ผู้ทำหน้าที่ในตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุจะได้เก็บได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสืบสวนสอบสวนความผิดที่เกิดขึ้น ประกอบในการพิจารณาคดี และพิสูจน์การกระทำผิดของบุคคล เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการยุติธรรม

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของ Activated carbon กับ Charcoal strip ในการใช้เป็น ตัวดูดซับคราบน้ำมันเชื้อเพลิง

2. สามารถประยุกต์ใช้ Activated carbon แทน Charcoal strip

3. เพื่อลดต้นทุนในการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเชื้อเพลิง

3. สมมติฐานของการศึกษา

Activated carbon มีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเชื้อเพลิงได้ใกล้เคียงกับ charcoal strip และมีราคาถูกกว่า จึงสามารถใช้แทนกันได้

4. ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันเบนซิน ของ Activated carbon โดย เปรียบเทียบกับการใช้ Charcoal strip

5. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

น้ำมันเชื้อเพลิง (Flammable) หมายถึงของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หลังจากนั้น จึงนำมาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ต้มน้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler) ใช้ในเตาอบ เครื่องปั้นดินเผา หรือในโรงงานเซรามิก และใช้ในการทำความร้อน ให้แสงสว่าง เป็นต้น

Activated carbon คือ ถ่านกัมมันต์ หรือถ่านกรอง เป็นถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการ กระตุ้นก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งทำให้อนุภาคสาร และโมเลกุลก๊าซจำนวนมากสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือถูกกักอยู่ใน ถ่าน โดยทั่วไปคนส่วนใหญ่จะรู้จักและคุ้นเคยกับการใช้ถ่านนี้ในการกรองน้ำ

น้ำมันเบนซิน หรือก๊าซโซลีน (Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย จุดเดือดประมาณ 40 – 205 องศาเซลเซียส ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่น โดยกลั่น หรือ ตัดเอาส่วนที่เบา พอเหมาะจากส่วนต่างๆ ในกรรมวิธีการกลั่น แล้วเอามาผสมกันและปรุงแต่งด้วยสารเพิ่มคุณภาพ ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินชนิดสันดาปภายใน

6. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

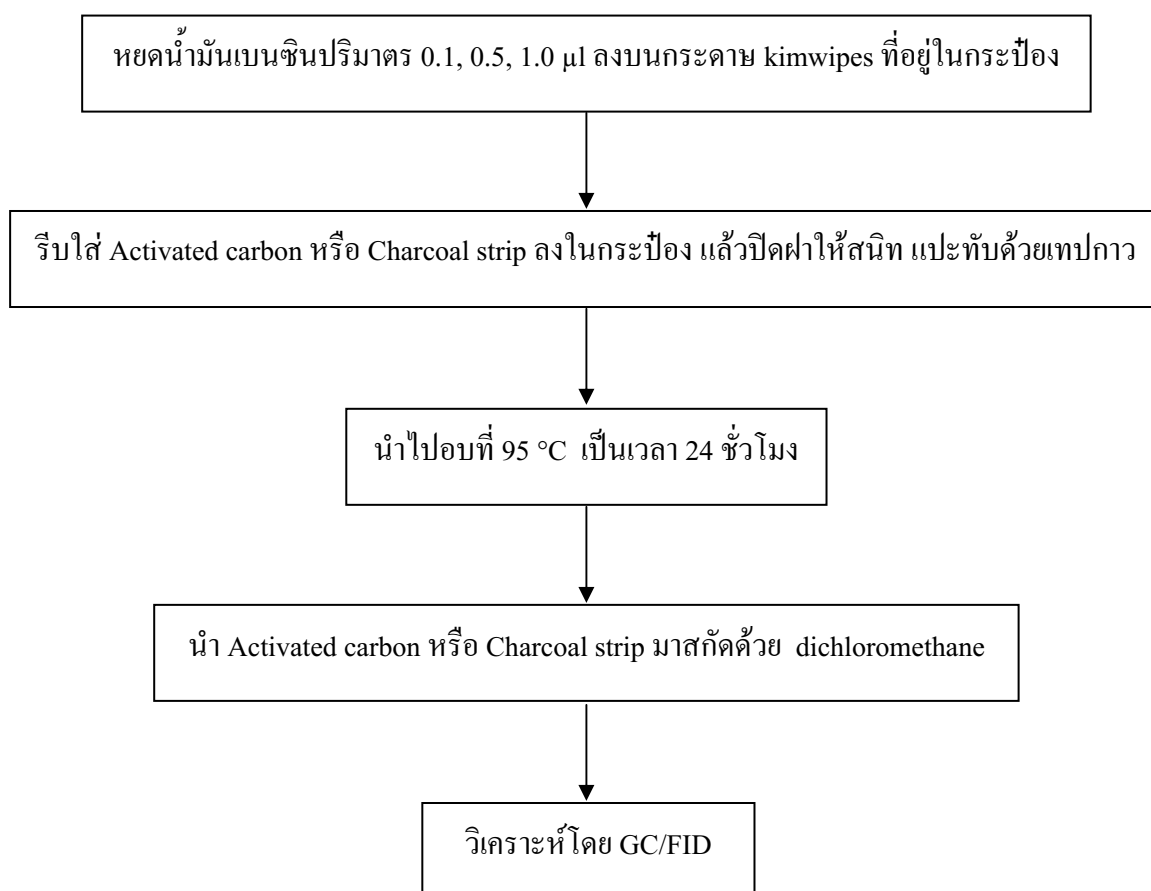
ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันเบนซิน

ตัวแปรตาม ได้แก่ %Recovery

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ชนิดของ Activated carbon, ระยะเวลาในการอบ

7. กรอบแนวความคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันเบนซินระหว่าง Charcoal strip กับ Activated carbon



8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

สามารถนำ Activated carbon ไปใช้ในการดูดซับคราบน้ำมันเบนซินจากสถานที่เกิดเหตุ แทน Charcoal strip ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ปิโตรเลียม (Petroleum)

ปิโตรเลียม เป็นสารประกอบสถานะต่างๆ ที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นตัวประกอบหลัก ได้แก่ น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซธรรมชาติเหลว (Condensate) นอกจากนี้ก็มีสารอินทรีย์ที่มีกำมะถัน ออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอีกหลายชนิด ทั้งนี้ น้ำมันดิบจะมีคุณลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามสัดส่วนของไฮโดรคาร์บอนประเภทต่างๆ ที่มีอยู่ ซึ่งจะผิแตกไปตามที่มา ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญในการกำหนดคุณค่าของน้ำมัน การกำหนดวิธีการและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันต่อไป

กำเนิดปิโตรเลียม

ปัจจุบันความรู้เรื่องการเกิดน้ำมันมีการตั้งทฤษฎีมากมาย แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ ทฤษฎีทางอินทรีย์เคมี (Organic Theory) ที่อาศัยหลักการทางอินทรีย์เคมี และชีวเคมี ประกอบเข้าด้วยกัน นั่นคือ ปิโตรเลียมเกิดจากการทับถม และแปรสภาพของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ในชั้นหินใต้พื้นผิวโลก กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่เจริญเติบโตและอาศัยอยู่ในโลกนับหลายล้านปีมาแล้ว เมื่อตายลงจะตกตะกอนจมลงหรือถูกกระแสน้ำพัดมาจมลง ณ บริเวณที่เป็นทะเลหรือทะเลสาบในขณะนั้นแล้วจะถูกเคล้าพร้อมทั้งถูกทับถมด้วยชั้นกรวด ทราย และโคลนตมที่แม่น้ำพัดพามาสลับกันเป็นชั้นๆ ตลอดเวลา

เมื่อชั้นตะกอนต่างๆ ถูกทับถมมากขึ้นจนหนานับเป็นร้อยๆ ฟันๆ เมตร เกิดน้ำหนักกดทับกลายเป็นชั้นหินต่างๆ เช่น ชั้นหินทราย, ชั้นหินปูนและชั้นหินดินดาน ความกดดันจากชั้นหินเหล่านี้กับความร้อนใต้พื้นผิวโลก และการสลายตัวของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria) ทำให้ซากพืชและสัตว์สลายตัวกลายเป็นหยดน้ำมันและก๊าซธรรมชาติหรือปิโตรเลียม โดยมีธาตุไฮโดรเจนและธาตุคาร์บอนซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรีย์สารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ปิโตรเลียมที่เกิดขึ้นนี้ เมื่อถูกบีบอัดจากน้ำหนักของชั้นหินที่กดทับก็จะเคลื่อนเข้าไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดทรายหรือชั้นหินที่มีรูพรุน โดยมีชั้นหินเนื้อแน่นปิดทับอยู่

ช่วงเวลาการเกิดปิโตรเลียมใช้เวลานานหลายล้านปี ระหว่างนั้นพื้นผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทะเลตื้นขึ้น เขาเตี้ยลง เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างซ้ำๆ ดังนั้น พื้นทะเลที่มีน้ำมันก็อาจจะเปลี่ยนไปกลายเป็นพื้นดินได้และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงรุนแรงที่ผิวโลก

เมื่อเกิดน้ำมันขึ้นที่พื้นที่แห่งหนึ่งแล้ว มันมักจะไหลไปสู่แหล่งอื่น โดยอาศัยความดันที่เกิดจากพื้นหินที่ทับถมลงมาบนแอ่งน้ำมันนั้นภายใต้เวลานานๆ น้ำมันก็จะถูกบีบออกจากแหล่งกำเนิด ถ้าหากมีช่องให้ไปได้ตามรูซึมหรือรอยแตกของพื้นหินเข้าไปยังที่ใหม่ อาจเป็นด้านบน ด้านข้างหรือด้านล่างได้ ถ้าซึมขึ้นข้างบนอาจจะมาถึงผิวดินทำให้เห็นน้ำมันในที่ต่างๆ ได้ แต่บางทีก็ไหลซึมได้ไม่ตลอด เพราะเมื่อเข้าไปอยู่ในชั้นหินชนิดที่บีบกันไว้ การที่น้ำมันจะไปรวมกันเป็นแอ่งได้ต้องมีหินพรุนที่มีลักษณะพื้นที่อุ้มน้ำมันไว้ได้ เช่น ชั้นหินทรายและชั้นหินปูน (Cracked Limestone) ประกอบกับองค์ประกอบทางธรณีวิทยาของหินรอบๆ แอ่งน้ำมันนั้นเป็นหินแน่นที่มีลักษณะที่จะกั้นไม่ให้น้ำมันหนีไปที่อื่นได้ ปิโตรเลียมจะอยู่ในหินพรุนเหล่านั้น เช่นเดียวกับน้ำซึมในทรายหรือน้ำซึมในรูพรุนของฟองน้ำ

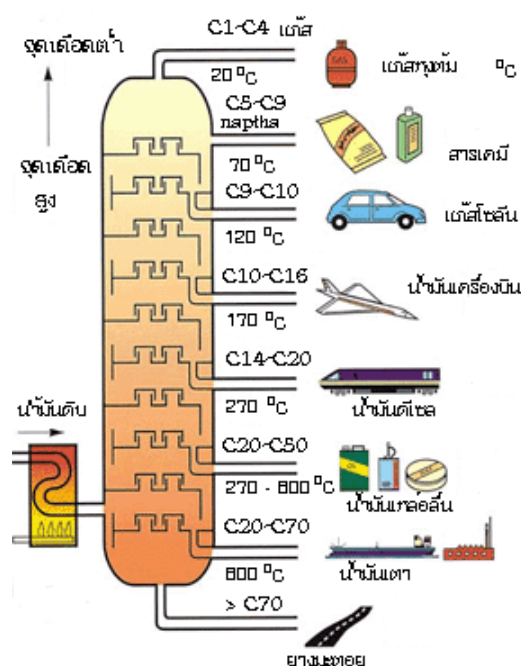
ผู้ค้นพบน้ำมัน



ภาพที่ 1 พอล แอร์ดิช ผู้ค้นพบน้ำมัน

พอล แอร์ดิช (Paul Erdős หรือบางทีสะกด Pál Erdős, 26 มี.ค. พ.ศ. 2456 – 20 ก.ย. พ.ศ. 2539) นักคณิตศาสตร์ผู้โดดเด่น ทั้งในด้านผลงาน และพฤติกรรมอันแปลกประหลาด ผลงานตีพิมพ์ของเขามีจำนวนมหาศาล มีผู้ร่วมตีพิมพ์รวมแล้วนับร้อยคน และเกี่ยวพันกับหลายๆ สาขาในคณิตศาสตร์ อาทิ คณิตศาสตร์เชิงการจัด (combinatorics), ทฤษฎีกราฟ (graph theory), ทฤษฎีจำนวน (number theory), การวิเคราะห์แบบคลาสสิก (classical analysis), ทฤษฎีการประมาณ (approximation theory), ทฤษฎีเซต (set theory) และ ทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability theory).

กระบวนการกลั่น



ภาพที่ 2 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การกลั่นน้ำมันเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรม กล่าวคือเป็นการแยกน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และยังเป็นการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันให้ได้ตามต้องการ

การกลั่นน้ำมัน คือ การแยกน้ำมันดิบออกเป็นส่วนต่างๆ ที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกันตามลำดับ ตั้งแต่ ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และยางมะตอย เป็นต้น กระบวนการกลั่นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ น้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนของกระบวนการที่สำคัญประกอบด้วย

การแยก (Separation)

เป็นการแยกน้ำมัน โดยวิธีการกลั่นลำดับส่วน (Fractional Distillation) โดยนำน้ำมันที่แยกน้ำและเกลือแร่แล้วมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 368-385 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเข้าไปในหอคกลั่น น้ำที่ร้อนจะกลายเป็นไอลอยขึ้นไปยังยอดหอ และกลายเป็นของเหลวตกลงบนถาดรองรับที่มีอยู่ภายในหอคกลั่นในแต่ละช่วงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ของไหลในถาดก็จะไหลออกมาตามท่อเพื่อนำไปเก็บแยกตามประเภท และนำไปใช้ต่อไป

การเปลี่ยนโครงสร้าง (Conversion)

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจมีคุณภาพไม่ได้พอ จึงต้องใช้วิธีทางเคมีเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมัน ทำให้โมเลกุลของน้ำมันหนักแตกตัวเป็นน้ำมันเบา โดยใช้ความร้อน หรือใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวช่วย

การปรับปรุงคุณภาพ (Treating)

เป็นการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากน้ำมัน โดยเฉพาะกำมะถัน ซึ่งใช้วิธีการฟอกด้วยไฮโดรเจน หรือฟอกด้วยโซดาไฟ

การผสม (Blending)

คือการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการต่างๆ มาปรุงแต่งหรือเติมสารที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามมาตรฐานที่กำหนด เช่น ผสมน้ำมันเบนซินเพิ่มค่าออกเทน หรือผสมน้ำมันเตาที่ขึ้นเหนียวกับน้ำมันเตาที่เบาๆ เพื่อให้ได้ความหนืดตามที่ต้องการ

ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม อาจแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ดังนี้ ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง, น้ำมันหล่อลื่นและจาระบี, ยางมะตอยและขี้ผึ้ง และผลิตภัณฑ์พิเศษ เช่น ตัวทำละลายและสารเคมีต่างๆ ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุด ประมาณร้อยละ 85 ของน้ำมันดิบที่ผลิตได้ ใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาเผาไหม้ให้เกิดพลังงานกลขับเคลื่อนเครื่องยนต์และพลังงานความร้อนสำหรับใช้ในกิจการต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม มีหลายรูปแบบ คือ

1. แก๊สหุงต้ม (gases) ใช้ในบ้านเรือน จุดเดือดประมาณ 40 องศาเซลเซียส
2. แนฟทา (naphtha) นำไปแปรรูปเป็นน้ำมันเบนซิน จุดเดือดประมาณ 40 – 100

องศาเซลเซียส

3. น้ำมันเบนซิน (gasoline) ใช้ในรถยนต์ จุดเดือดประมาณ 40 – 205 องศาเซลเซียส
4. น้ำมันก๊าด (kerosene) ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แสงสว่าง (เช่น น้ำมันที่ใช้ในตะเกียง)

ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องบิน จุดเดือดประมาณ 175 – 325 องศาเซลเซียส

5. น้ำมันดีเซล (diesel fuels) ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล จุดเดือดประมาณ 250 – 350

องศาเซลเซียส

6. น้ำมันหล่อลื่น (lubricating oil) ใช้ในการหล่อลื่นเครื่องยนต์และเครื่องจักรต่างๆ จุดเดือดประมาณ 300 – 370 องศาเซลเซียส

7. น้ำมันเตา (fuel oil) ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม รถไฟ และเรือ จุดเดือดประมาณ 370 – 600 องศาเซลเซียส

8. กาก (residuals) จุดเดือดประมาณ 600 องศาเซลเซียส แบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น
- ถ่านโค้ก (coke) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก
 - ยางมะตอย (asphalt or bitumen) และน้ำมันดิน (tar) ใช้ราดถนน และเป็นสารกันน้ำ
 - ขี้ผึ้ง (wax) ใช้ทำเทียนไข วัสดุกันซึม วัสดุขัดมัน (Petroleum World, 2552)

2. น้ำมันเบนซิน (Gasoline)

น้ำมันเบนซินหรือก๊าซโซลีน (Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่น โดยกลั่น หรือ ตัดเอาส่วนที่เบาพอเหมาะจากส่วนต่างๆ ในกรรมวิธีการกลั่นแล้วเอามาผสมกันและปรุงแต่งด้วยสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น แนฟธา (Naphtha), Isomate, Reformat และสารเติมแต่ง (Additives) เช่น MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether), เอทานอล เป็นต้น เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินชนิดสันดาปภายใน โดยมีหัวเทียนเป็นเครื่องจุดระเบิด (Spark Ignition Internal Combustion Engine) ความสามารถในการระเหยน้ำมันต้องพอเหมาะกับการเผาไหม้ในกระบอกสูบและต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ต่อเนื่องเครื่องยนต์แต่ละชนิดมีความต้องการออกเทนสูงไม่เท่ากัน รัฐบาลจึงแบ่งน้ำมันเบนซินออกเป็น 2 ชนิด ตามค่าออกเทนนัมเบอร์ ดังนี้

1. น้ำมันเบนซินพิเศษ (PREMIUM MOTOR GASOLINE) มีค่าออกเทนนัมเบอร์ 95 สีเหลืองอ่อน เหมาะสมกับเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดสูงกว่า 8:1 ขึ้นไปซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่งทั่วไป รถบรรทุกเล็ก (เครื่องยนต์เบนซิน)

2. น้ำมันเบนซินธรรมดา (REGULAR MOTOR GASOLINE) มีเลขจำนวนออกเทน 91 สีแดง ใช้กับน้ำมันเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดต่ำกว่า 8:1 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่งขนาดเล็ก รถมอเตอร์ไซค์ เครื่องยนต์ขนาดเล็ก เช่น เครื่องปั่นไฟ, รถตัดหญ้า หรือ ปั๊มน้ำขนาดเล็ก

1. ค่าออกเทน (Octane Number)

ค่าออกเทน คือ ตัวเลขแสดงคุณสมบัติต้านทานการน็อกหรือการเคาะ (Anti-knock Quality) ในสภาพการเผาไหม้ปกติ เมื่อส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน การเผาไหม้เริ่มต้นขึ้นและดำเนินติดต่อกันไปจนสุดห้องเผาไหม้ กรณีบางส่วนของเชื้อเพลิงที่เปลวไฟยังลามไปไม่ถึง ทนความร้อนสูงและความดันสูงไม่ได้จะจุดระเบิดขึ้นเอง (Self Ignition) โดยเป็นการจุดระเบิดอย่างรุนแรงที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดคลื่นความถี่สูงมากวิ่งเข้าปะทะกับเปลวไฟที่กำลังลามมาจากหัวเทียนเกิดการน็อกหรือเคาะมีเสียงดัง (Pinging Sound)

การน็อกทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังและร้อนจัดขึ้นเพราะพลังงานความร้อนในเชื้อเพลิงไม่สามารถส่งถ่ายไปยังลูกสูบให้เกิดกำลังได้ทันจึงทำให้เครื่องยนต์ร้อนจัดขึ้น (Engine

Overheat) อาจทำให้วาล์วไหม้และลูกสูบทะลุได้ ถ้าเกิดการเคาะรุนแรงอยู่เรื่อยๆ การน็อกมิได้เกิดขึ้นตลอดเวลา แต่จะเกิดขึ้นในขณะที่เครื่องอย่างรวดเร็วจนหรือเมื่อเครื่องยนต์ทำงานหนักมาก เช่น ขณะบรรทุกเกินพิกัดหรือขณะรถขึ้นเขา (High Load-Low Speed) ในกรณีรถเก่าเครื่องหลอมการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีคราบเขม่าคาร์บอนเกาะสะสมในห้องเผาไหม้มาก และหากเครื่องยนต์ร้อนจัด คราบเขม่าจะลุกแดงและเกิดการชิง (Pre-ignition) ขึ้น การน็อกก็เกิดขึ้นได้ง่ายเช่นกัน

เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัด (Compression Ratio) ยิ่งสูงขึ้นอุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้ก็จะสูงขึ้นตามจะมีความต้องการน้ำมันที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น เพื่อมิให้เกิดการน็อกโดยประมาณอัตราส่วนการอัดเกิน 9:1 ขึ้นไปควรรู้ใช้น้ำมันออกเทน 95 อัตราส่วนการอัด 8:1-9:1 ควรรู้ใช้น้ำมันออกเทน 91 โดยทั่วไปผู้ผลิตรถยนต์จะให้คู่มือแนะนำว่าควรรู้ใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนอย่างต่ำเท่าใดการวัดหาค่าออกเทนต้องทดสอบกับเครื่องยนต์มาตรฐานสุญญากาศซึ่งสามารถตั้งอัตราส่วนกำลังอัดได้เรียกว่า เครื่องยนต์ CFR (Cooperative Fuels Research) แล้วเปรียบเทียบความรุนแรงของการน็อกกับเชื้อเพลิงมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ ได้แก่ ไอโซออกเทนซึ่งมีค่าออกเทน 100 และนอร์มัลเฮฟเทน ซึ่งมีค่าออกเทน 0 เช่น น้ำมันเบนซินออกเทน 95 คือน้ำมันที่มีความรุนแรงของการน็อกเช่นเดียวกับเชื้อเพลิงเปรียบเทียบ ไอโซออกเทน 95 % ซึ่งผสมกับนอร์มัลเฮฟเทน 5% การวัดหาค่าออกเทนมี 2 วิธี Research Octane Number (RON) ASTM D 2699 และ Motor Octane Number (MON) ASTM D 2700 ทั้ง 2 วิธีกระทำกันในห้องทดลอง วิธีวัดค่า RON นั้นทดสอบที่ความเร็วต่ำ (600 รอบ/นาที) และอุณหภูมิเชื้อผสมต่ำ 125 °F ในสภาพการทำงานเบาของเครื่องยนต์ ส่วนวิธีวัดค่า MON จะทดสอบที่ความเร็วสูง (900 รอบ/นาที) และอุณหภูมิเชื้อผสมสูง 300 °F ที่สภาพการทำงานหนักมาก ดังนั้นค่า RON จึงสูงกว่าค่า MON ค่าออกเทนทั้งสองได้ถูกกำหนดไว้ในข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ด้วย รวมทั้งได้กำหนดค่าออกเทนของผู้ผลิต ณ จุดส่งมอบ และของผู้จำหน่ายด้วยเหตุผลที่ว่าเมื่อเก็บน้ำมันเบนซินไว้นานๆ ส่วนเบาๆ จะระเหยออกไปเรื่อยๆ เป็นผลให้ค่าออกเทนลดลงได้

2. การกลั่น (Distillation) หรืออัตราการระเหย (Volatility)

อัตราการระเหยของน้ำมัน ASTM D 86 หาได้จากการนำน้ำมันเบนซินมากลั่นจะมีช่วงการกลั่นหรือช่วงจุดเดือด (Distillation or Boiling Range) ประมาณ 20-200 °C ที่ความดันบรรยากาศมีความสำคัญต่อการใช้งานดังนี้

จุดเดือดเริ่มต้น (Initial Boiling Point , IBP) และจุดเดือด 10% (10% evaporated) เป็นส่วนเบาเรียกว่า “Front End” ที่ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายในเวลาเช้าซึ่งมีอากาศเย็น

จุดเดือด 50% เป็นส่วนกลางเรียกว่า “Mid Fill หรือ Mid Range” เป็นส่วนที่ระเหยได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อให้เครื่องยนต์ร้อนขึ้น (Warm Up) ได้เร็ว มีการกระจายตัวของน้ำมันไปยังสูบต่างๆ ได้สม่ำเสมอช่วยให้แรงเครื่องได้เรียบ

จุดเดือด 90% เป็นส่วนหนักเรียกว่า “Back End” เป็นส่วนที่ให้พลังงานกับเครื่องยนต์และการประหยัดเชื้อเพลิง ถ้าส่วนนี้มีอุณหภูมิสูงมากเกินไปน้ำมันจะระเหยไม่หมดและไหลผ่านแหวนลูกสูบลงไปทำให้น้ำมันเครื่องเจือจางลง (Crankcase Dilution) และเสื่อมคุณภาพเร็วซึ่งมักจะเกิดขึ้นได้ถ้าใช้น้ำมันเบนซินถูกปลอมปนด้วยน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล

จุดเดือดสุดท้าย (Final Boiling Point, FBP) ส่วนนี้แสดงว่ามีส่วนหนักมากอยู่เล็กน้อยแค่ไหน ถ้าจุดเดือดสุดท้ายและจุดเดือด 90 % แตกต่างกันเกิน 30 °C อาจเกิดปัญหาด้านความสะอาดในห้องเผาไหม้และร่องแหวนลูกสูบได้

3. ความดันไอ (Vapor Pressure)

ความดันไอต้องไม่เกินมาตรฐานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาไอน้ำมัน (Vapor Lock) ที่ทางคูดัมน้ำมัน การขาดตอนของน้ำมันป้อนคาบูเรเตอร์ เครื่องยนต์จะกระตุกหรือดับและยังเป็นการป้องกันน้ำมันระเหยหายออกไปจากถังและคาบูเรเตอร์มากเกินไป ซึ่งการสูญเสียนี้จะทำให้คุณภาพด้านทานการน็อกลดลงด้วย เพราะส่วนที่ระเหยไปนี้เป็นส่วนเบา (Front End) ซึ่งมีค่าออกเทนสูง น้ำมันเบนซินจัดเป็นน้ำมันประเภทนำกลั้วอันตรายต้องเก็บในถังใต้ดิน การวัดความดันไอน้ำมันระเหยง่ายจะใช้วิธี Reid คือ ASTM D 323 หรือ D 4953

4. ธาตุตะกั่ว

แม้ว่าจะไม่มีการเติมสารตะกั่วในน้ำมันเบนซินแต่อาจปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันดิบในปริมาณที่น้อยมาก จึงต้องมีการกำหนดปริมาณมาตรฐานควบคุมไว้

5. ธาตุกำมะถัน

ซึ่งจะมีผลต่อการกัดกร่อนและการสึกหรอในเครื่องยนต์ กลิ่นของน้ำมัน ตลอดจนการก่อมลพิษทางอากาศได้ ทดสอบด้วยวิธี ASTM D 4294

6. ธาตุฟอสฟอรัส

มักจะมาจากการเติมสารเพิ่มคุณภาพในน้ำมันเบนซินเป็นตัวทำให้เครื่องกรองไอเสีย (Catalytic Converter) ขำรุคเสียหายได้

7. ยางเหนียว (Gum)

องค์ประกอบของน้ำมันที่มี Olefins, Thiophenol หรือสารประกอบของไนโตรเจนที่มาจากกระบวนการแตกตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจนเกิดเป็นยางเหนียวขึ้น ซึ่งแรกๆ ก็ละลายอยู่ในน้ำมันแต่แล้วก็ตกตะกอนออกมาเกิดการสะสมในปลอกนำก้านวาล์วหรือ

คาบูเรเตอร์ การทดสอบปริมาณยางเหนียวใช้วิธี ASTM D 381 และการวัดความอยู่ตัวของน้ำมันในการเกิดยางเหนียวโดยวิธี ASTM D 189

8. เบนซีน

เป็นสารที่ระเหยออกมาพร้อมไอของน้ำมันเบนซิน ถ้าสูดหายใจเข้าไปมากจะทำลายระบบทางเดินหายใจและสมองได้

9. สารอะโรเมติก

เป็นสารที่ทำให้น้ำมันเบนซินมีค่าออกเทนสูง แต่เป็นสารที่ผู้ผลิตจะต้องควบคุมไม่ให้เกินเกณฑ์กำหนด เพราะเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

10. สารออกซิเจนเนท

ที่เติมในน้ำมันเบนซินได้แก่ MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) เป็นสารที่ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ดี ลดการเกิดก๊าซพิษ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ขณะเดียวกันการที่ MTBE มีค่าออกเทนสูงเกินกว่า 100 จึงช่วยเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซินสำเร็จรูปด้วย แต่เนื่องจากมันเป็นสารที่สามารถดูดซับความชื้น/น้ำได้เป็นอย่างดี จึงถูกควบคุมปริมาณการใช้ในระดับที่เหมาะสม

11. สารเติมแต่ง

คุณสมบัติทำความสะอาดหัวฉีด (Port Fuel Injection, PFI) และควบคุมการสะสมคาร์บอนบนวาล์วไอดี (Intake Valve Deposit Control, IVDC) เพื่อลดสถานะแวดล้อมเป็นพิษ (Air Pollution)

อันตรายต่อสุขภาพ

1. ทางเข้าสู่ร่างกาย ระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง การสัมผัสดวงตา และการกลืนกิน
2. ผลจากการสัมผัสสารที่มีปริมาณมากเกินไปในระยะสั้น การสัมผัสทางการหายใจที่ความเข้มข้นสูง ไอระเหยจะระคายเคืองเยื่อจมูก อาจทำให้ปวดศีรษะและเวียน อาจสลบหรือมีอาการทางระบบประสาทส่วนกลางอื่นๆ ร่วมด้วย ไอระเหยอาจทำให้ขาดออกซิเจนได้หากมีความเข้มข้นสูงพอ การสัมผัสทางผิวหนังมีความเป็นพิษต่ำแต่ทำให้ระคายเคือง และผิวหนังสูญเสียไขมันซึ่งอาจทำให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบได้ การสัมผัสทางดวงตาทำให้ระคายเคืองได้แต่ไม่ทำลายเนื้อเยื่อดวงตาการกลืนกินมีความเป็นพิษต่ำ แต่ถ้าหากมีสารไปอุดตันในระหว่างการกลืนกิน หรือการอาเจียนจะทำให้เป็นอันตรายต่อปอดอย่างรุนแรง อาจทำให้เสียชีวิตได้
3. ผลจากการสัมผัสสารที่มีปริมาณมากเกินไปในระยะกลางและระยะยาว มีส่วนผสมของ benzene ซึ่งจากการศึกษาทางระบาดวิทยาในมนุษย์พบว่าการสัมผัสซ้ำๆ หรือนานๆ จะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบผลิตเม็ดเลือดและระบบเลือดอย่างรุนแรง อาจเกิดมะเร็งเม็ดเลือด

ได้ (leukemia) จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าการสัมผัส benzene ซ้ำๆ หรือนานๆจะเป็นอันตรายต่อทารกหรือตัวอ่อนในครรภ์ได้ แต่ยังไม่ได้มีการทดสอบในมนุษย์สารเคมีนี้มีส่วนผสมของ n-hexane ซึ่งการสัมผัสซ้ำๆ หรือนานจะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบประสาทส่วนปลาย เช่น นิ้วเท้า แขนได้

4. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย Gasoline : TLV = 300 ppm TWA

ตารางที่ 1 ALKYL SUBSTITUTED BENZENE DERIVATIVES

Name	Systemic name	CAS RN	M.P	B.P
Toluene	Methylbenzene	108-88-3	-93	110.6
Ethylbenzene		100-41-4	-94.9	136
n-Propylbenzene	Propylbenzene	103-65-1	-101.6	159
n-Butylbenzene	Butylbenzene	104-51-8	-88	183
Cumene	Isopropylbenzene	98-82-8	-96	151
<i>o</i> -Xylene	1,2-Dimethylbenzene	95-47-6	-25.2	144
<i>m</i> -Xylene	1,3-Dimethylbenzene	108-38-3	-47.9	139
<i>p</i> -Xylene	1,4-Dimethylbenzene	106-42-3	13.3	138.3
Hemimellitene	1,2,3-Trimethylbenzene	95-36-3		
Mesitylene	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	-44.7	165
Pseudocumene	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	-43.8	169
<i>o</i> -Ethyltoluene	1-Methyl-2-ethylbenzene	611-14-3	-17	154
<i>m</i> -Ethyltoluene	1-Methyl-3-ethylbenzene	620-14-4		161
<i>p</i> -Ethyltoluene	1-Methyl-4-ethylbenzene	622-96-8	-62	162
<i>o</i> -Diethylbenzene	1,2-Diethylbenzene	135-01-3	-31	183
<i>m</i> -Diethylbenzene	1,3-Diethylbenzene	141-93-5	-84	181
<i>p</i> -Diethylbenzene	1,4-Diethylbenzene	105-05-5	-43	184
<i>o</i> -Propyltoluene	1-Methyl-2-n-propylbenzene	1074-17-5		185
<i>m</i> -Propyltoluene	1-Methyl-3-n-propylbenzene	1074-43-7		182
<i>o</i> -Propyltoluene	1-Methyl-4-n-propylbenzene	1074-55-1	-64	183
<i>o</i> -Cymene	1-Methyl-2-isopropylbenzene	527-84-4	-71	178

ตารางที่ 1 (ต่อ)

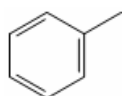
Name	Systemic name	CAS RN	M.P	B.P
m-Cymene	1-Methyl-3-isopropylbenzene	535-77-3	-64	175
p-Cymene	1-Methyl-4-isopropylbenzene	99-87-6	-67	176
o-Diisopropylbenzene	1,2-Diisopropylbenzene	577-55-9		204
m-Diisopropylbenzene	1,3-Diisopropylbenzene	99-62-7	-63	203
p-Diisopropylbenzene	1,4-Diisopropylbenzene	100-18-5	-17	203
o-Butyltoluene	1-Butyl-2-methylbenzene	1595-11-5		
m-Butyltoluene	1-Butyl-3-methylbenzene	1595-04-6		205
p-Butyltoluene	1-Butyl-4-methylbenzene	1595-05-7		207
o-Dibutylbenzene	1,2-Dibutylbenzene			
m-Dibutylbenzene	1,3-Dibutylbenzene	17171-74-3		
p-Dibutylbenzene	1,4-Dibutylbenzene	1571-86-4		
tert-Butylbenzene		98-06-6	-58	169
1,2,4,5-Tetra-tert-butylbenzene		796-97-4		
o-Di-tert-Butylbenzene	1,2-Di-tert-butylbenzene	3370-28-3		
m-Di-tert-Butylbenzene	1,3-Di-tert-butylbenzene	3370-27-2		
p-Di-tert-Butylbenzene	1,4-Di-tert-butylbenzene	1012-72-2	75	236
4-tert-Butyltoluene	1-Methyl-4-tert-butylbenzene	98-51-1	-52	193
5-tert-Butyl-m-xylene	1,3-Dimethyl-5-tert-butylbenzene	98-19-1	-18	205
Prehnitene	1,2,3,4-Tetramethylbenzene	488-23-3	-6	205
Durene	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	76	197
Isodurene	1,2,3,5-Tetramethylbenzene	527-53-7	-24	198
Mellitene	Hexamethylbenzene	87-85-4	164	264
Hexaethylbenzene		604-88-6	129	298
Hexadecylbenzene		1459-09-2	27	385

(DURENE, 2552)

ตัวอย่างองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มตามที่
Melinda Darrer แนะนำ ดังนี้ (Darrer, 2007)

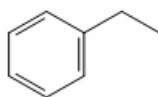
- C1-alkylbenzene

- Toluene

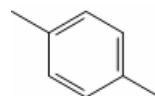
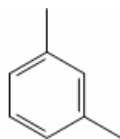


- C2-alkylbenzenes

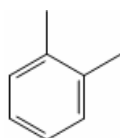
- Ethylbenzene



- meta-Xylene (1,3-dimethylbenzene) and para-xylene(1,4-dimethylbenzene)

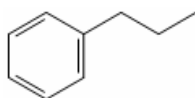


- ortho-Xylene (1,2-dimethylbenzene)

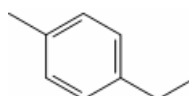
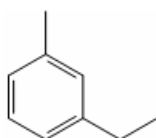


- C3-alkylbenzenes

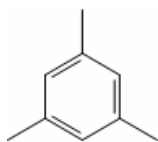
- Propylbenzene



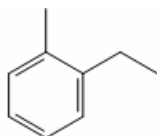
- 1-Ethyl-3-methylbenzene and 1-ethyl-4-methylbenzene



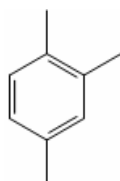
- 1,3,5-Trimethylbenzene



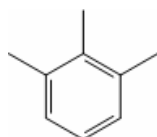
- 1-Ethyl-2-methylbenzene



- 1,2,4-Trimethylbenzene

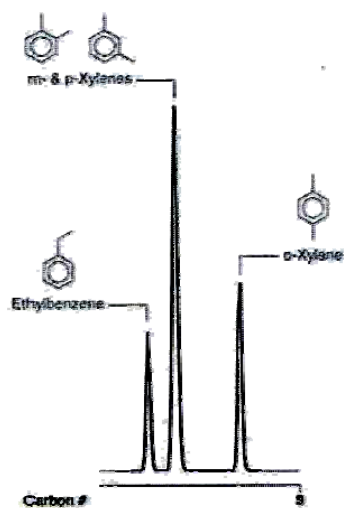


- 1,2,3-Trimethylbenzene

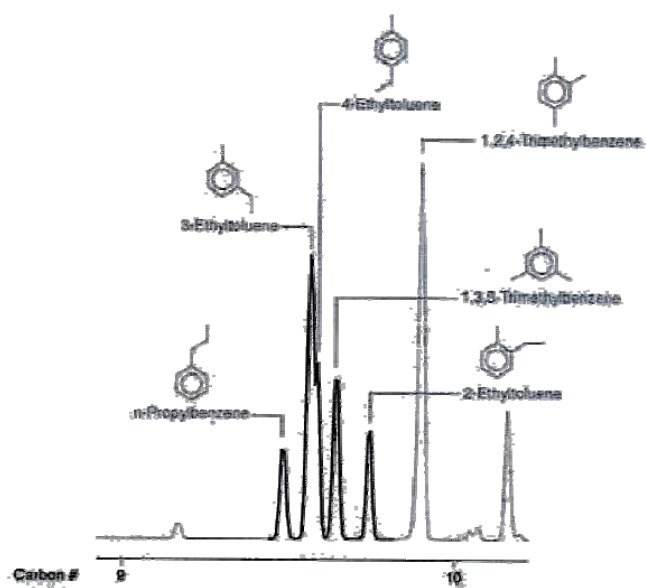


ส่วน Eric Stauffer และคณะ ได้นำมาพิคที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซิน ดังนี้
(Stauffer, 2008)

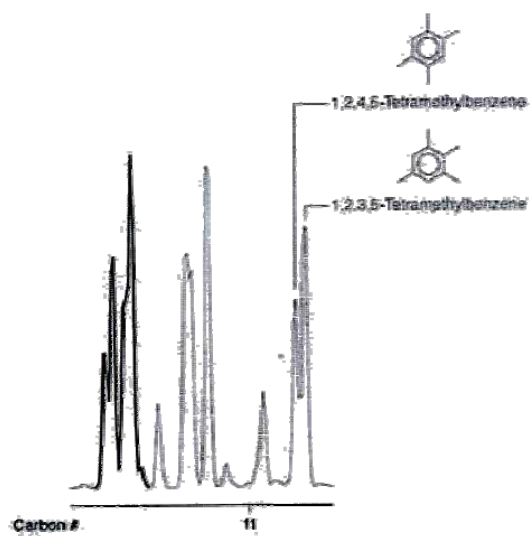
1. The three musketeers C8 – C9



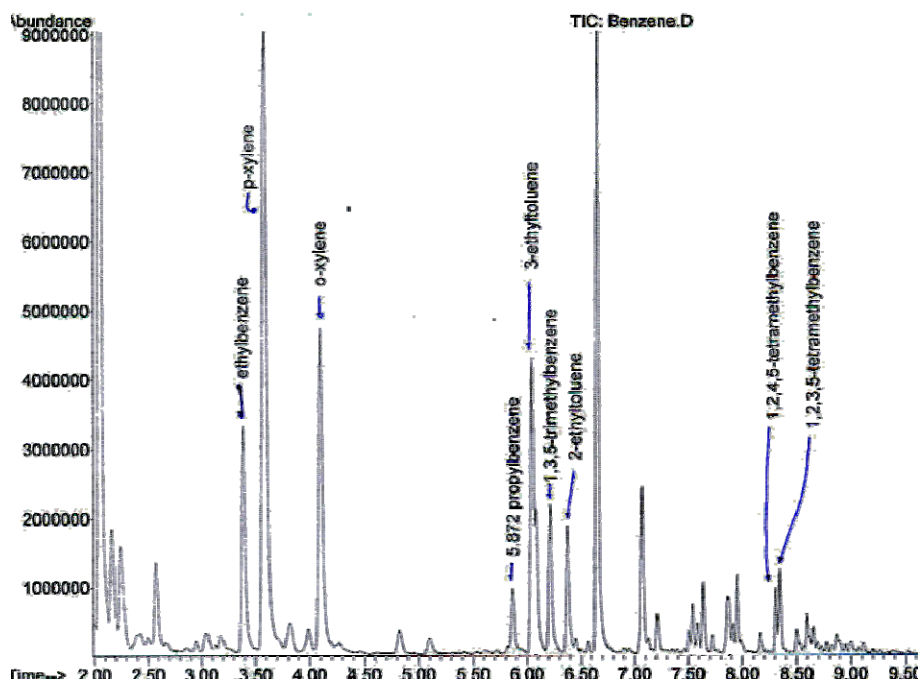
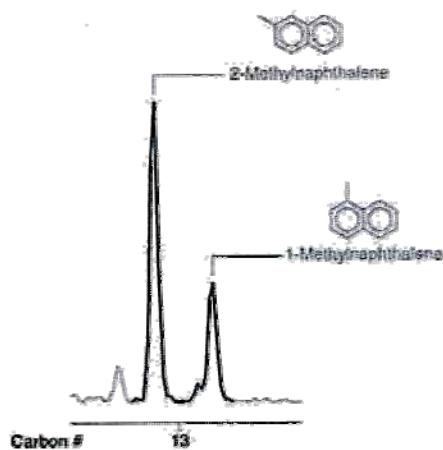
2. The castle group C9 – C10



3. The gang of four C10 – C11



4. The twin towers



ภาพที่ 3 Chromatogram เอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซิน

3. แก๊สโซฮอลล์ (Gasohol)

น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ (Gasohol) (สะกดตามราชบัณฑิตว่า แก๊สโซฮอล) หรือที่นิยมเรียกว่า E10 คือน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ที่เกิดจากการผสมระหว่าง น้ำมันเบนซิน 90% กับ แอลกอฮอล์ 10% (ได้แก่ เอทานอล) ในภาษาอังกฤษไม่เรียกน้ำมันเชื้อเพลิงว่า เบนซิน แต่จะเรียกว่า แก๊สโซลีน (Gasoline) ดังนั้น จึงเป็นที่มาของคำศัพท์ว่า แก๊สโซฮอลล์ นั่นคือ Gasoline + alcohol

น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกทดแทนน้ำมันเบนซิน น้ำมันผสมชนิดนี้มีใช้กันหลายประเทศทั่วโลก ข้อดีของแก๊สโซฮอลล์คือ การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของแอลกอฮอล์ ทำให้ลดมลพิษในอากาศ และในขณะเดียวกันราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ มีราคาต่ำกว่า น้ำมันเบนซิน โดยทั่วไป

สำหรับน้ำมันแก๊สโซฮอลล์นั้นองค์ประกอบต่างกับน้ำมันเบนซิน คือน้ำมันเบนซินมี เอ็มทีบีอี (MTBE) เป็นตัวเพิ่มออกเทน ส่วนน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ใช้เอทานอล เป็นตัวเพิ่มออกเทน เอทานอลให้พลังงานน้อยกว่าเอ็มทีบีอี (MTBE) โดยต่างกันอยู่ร้อยละ 1.6-1.8 การใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอลล์นั้นออกซิเจนที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในเอทานอล จะช่วยให้การเผาไหม้ภายในห้องเครื่องสมบูรณ์ขึ้นอีก และลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่จะปล่อยออกมาจากท่อไอเสีย

แก๊สโซฮอลล์ในประเทศไทย

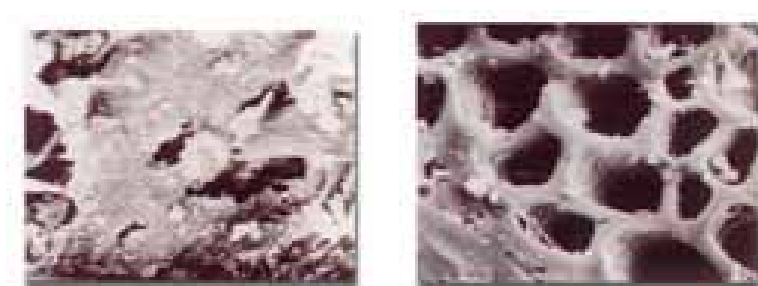
แก๊สโซฮอลล์ในประเทศไทยเกิดขึ้นจากพระราชดำริของในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในปี พ.ศ. 2528 ที่ทรงเล็งเห็นถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน โดยได้ทรงศึกษาการนำอ้อยมาแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์ และนำแอลกอฮอล์มาผลิตเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอลล์

น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ถือเป็นพลังงานทางเลือกที่เริ่มได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศต่างๆ แทบทุกทวีปทั่วโลก เช่น อเมริกา แคนาดา บราซิล เกาหลี ปารากวัย สเปน สวีเดน ออสเตรเลีย จีน ฯลฯ เนื่องจากเป็นพลังงานที่มีผลดีหลายอย่าง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ อาทิ อ้อย กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง ซึ่งล้วนแต่สามารถจัดหาและปลูกขึ้นได้ใหม่ในเวลาอันสั้น

ปัจจุบัน น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ ที่มีจำหน่าย คือ น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 95 และ น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 91 ซึ่งมีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 10 โดยรถยนต์ระบบหัวฉีดสามารถใช้แทนน้ำมันเบนซินได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงเครื่องยนต์เลย แต่เครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์นั้น ไม่เหมาะสมกับแก๊สโซฮอลล์ (wikipedia, 2552)

4. Activated carbon

แอคทีเวเต็ดคาร์บอน (activated carbon) คือ ถ่านกัมมันต์ หรือถ่านกรอง ที่หลายคนรู้จักนั่นเอง ทั้งนี้ภาษาอังกฤษคำว่า activate ในศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาแพทยศาสตร์ แปลว่า ปลุกฤทธิ์ และในเว็บไซต์ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน สาขาแพทยศาสตร์ก็ให้คำแปลของ activated charcoal ว่า ถ่านปลุกฤทธิ์ ด้วยเช่นกัน

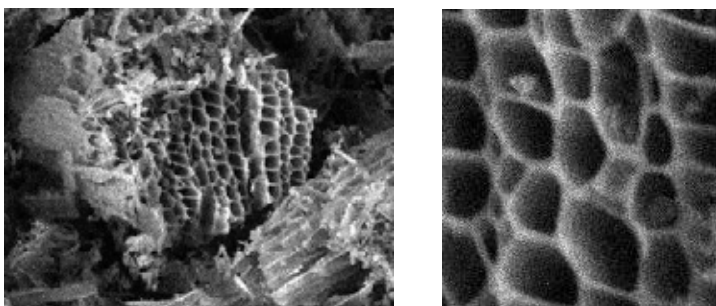


ภาพที่ 4 ผิวถ่านกะลามะพร้าวจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (ซ้าย) ลักษณะผิวถ่านก่อนกระตุ้น (ขวา) หลังกระตุ้น

รู้จักถ่าน

แอคทีเวเต็ดคาร์บอน (activated carbon) เป็นถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมี หรือกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมหาศาล ซึ่งพื้นที่ผิวภายในผนังรูพรุนหรือรอยแตกเหล่านั้นทำให้เกิดพื้นที่ว่างขนาดใหญ่ที่อนุภาคสาร และโมเลกุลก๊าซจำนวนมากสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือถูกกักอยู่ในถ่าน (ถ่านกัมมันต์น้ำหนักเพียง 1 กรัมจะมีพื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตรขึ้นอยู่กับเกรดของถ่าน ชนิดวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต) โดยทั่วไปคนส่วนใหญ่จะรู้จักและคุ้นเคยกับการใช้ถ่านนี้ในการกรองน้ำ แต่นอกเหนือจากการกรองน้ำแล้ว ถ่านชนิดนี้ยังนิยมใช้กรองสาร และเป็นวัสดุดูดซับในหลายอุตสาหกรรมด้วย

การดูดซับอนุภาคหรือโมเลกุลก๊าซของถ่านกัมมันต์เป็นปฏิกิริยาทางกายภาพโดยแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals force) ซึ่งเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพในการกรองหรือดูดซับสารจะต่ำลง เนื่องจากที่ว่างภายในโครงสร้างถ่านมีน้อยลง ผู้ใช้งานจึงต้องทำการเปลี่ยนถ่ายถ่านเก่าออกและใส่ถ่านใหม่เข้าไปทดแทน โดยถ่านที่ถูกใช้งานแล้วสามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ด้วยการนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นซ้ำ (re-activated) เพื่อกำจัดสารต่างๆ ที่ถ่านดูดซับไว้ก่อนหน้านี้



ภาพที่ 5 ถ่ายพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง

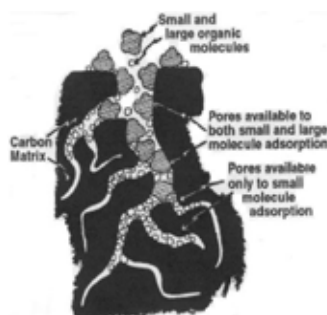
สิ่งหนึ่งที่ควรทราบเกี่ยวกับการใช้ถ่านกัมมันต์คือ ถ่านสามารถดูดซับหรือกรองสารได้บางชนิด ซึ่งสารที่ถ่านดูดซับหรือกรองได้ดีมักเป็นสารอินทรีย์มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้ ถ่านไม่สามารถดูดซับหรือกรองสารจำพวกแอลกอฮอล์ และไกลคอล (glycol) ได้ นอกจากนี้ สารเคมีประเภทแอมโมเนีย กรดแก่ เบสแก่ โลหะและสารอนินทรีย์อย่างโซเดียม เหล็ก ตะกั่ว ฯลฯ ก็ไม่สามารถดูดซับหรือกรองด้วยถ่านกัมมันต์ได้เช่นกัน

การผลิตถ่านกัมมันต์

ในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถใช้วัสดุใดๆ ก็ได้ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักไม่ว่าจะเป็นไม้ ถ่านหิน กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ขางรถยนต์ ฯลฯ ซึ่งกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์มี 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่

1. การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical Reactivation) วัตถุดิบจะถูกเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นถ่านคาร์บอน โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียสในสถานะไม่มีออกซิเจน เพื่อไม่ให้วัตถุดิบเกิดการลุกไหม้และเพื่อกำจัดสารอื่นๆ ออกไปด้วย จากนั้นนำถ่านคาร์บอนที่ได้ไปกระตุ้นด้วยความร้อนอุณหภูมิประมาณ 900-1,100 องศาเซลเซียสในสถานะที่มีไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และบดให้เป็นผงหรือเกล็ดที่มีขนาดตามต้องการ

2. การกระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical Activation) เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ร่วมกับการใช้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส ในภาคอุตสาหกรรมนิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพ เนื่องจากใช้ความร้อน และเวลาในการผลิตน้อยกว่า อย่างไรก็ตามบางครั้ง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการผลิตวิธีนี้อาจมีปัญหาเรื่องสารตกค้างได้ เช่น การพบสังกะสีตกค้างในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น



ภาพที่ 6 แบบจำลองโครงสร้างภายในถ่านกัมมันต์

สมบัติของถ่านกัมมันต์

1. ไอโอดีนนัมเบอร์ (Iodine Number) เป็นค่าสำคัญที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากไอโอดีนถูกถ่านดูดซับได้ดี ดังนั้นค่าการดูดซับไอโอดีนจึงถูกใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของถ่าน โดยวัดเป็นมิลลิกรัม (ของไอโอดีน) / น้ำหนักถ่าน 1 กรัม

2. โมลาสนัมเบอร์ (Molass Number) เป็นค่าที่บอกปริมาณของรูขนาดใหญ่ (macropore, รูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 อังสตรอม (?) หรือมากกว่า 2 นาโนเมตร) ที่มีอยู่ในถ่านกัมมันต์ โดยถ่านที่มีรูขนาดใหญ่จำนวนมาก (ค่าโมลาสนัมเบอร์สูง) จะดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ อย่างโมเลกุลสีได้ดีกว่าถ่านที่มีรูขนาดเล็ก (ค่าโมลาสนัมเบอร์ต่ำ)

3. แทนนิน (Tannin) แทนนินเป็นสารผสมประกอบด้วยสารโมเลกุลขนาดใหญ่และสารโมเลกุลขนาดกลาง เช่นเดียวกับผิวของถ่านกัมมันต์ก็มีทั้งรูขนาดใหญ่ และรูขนาดกลาง ดังนั้นค่าแทนนินจึงใช้บอกความสามารถในการดูดซับสารแทนนินหรือสารโมเลกุลขนาดใหญ่และกลางของถ่าน และระบุในหน่วยพีพีเอ็ม (ppm, part per million = ส่วนในล้านส่วน) ซึ่งถ่านกัมมันต์ควรมีค่านี้อยู่ในช่วง 200-362 พีพีเอ็ม

4. เมทิลีนบลู (Methylene Blue) ในถ่านกัมมันต์บางชนิดมีรูขนาดไม่ใหญ่มากเหมาะกับการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดกลางเช่น สารเมทิลีนบลู ทำให้สารให้สีนี้ถูกใช้เป็นตัวแทนของสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง ค่าเมทิลีนบลูจะระบุในหน่วยน้ำหนักกรัม/ 100 กรัม (g/ 100 g)

5. ความหนาแน่น (Apparent Density) ถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นสูงกว่ามักบ่งว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากสามารถดูดซับสารได้ในปริมาณมากกว่า

6. ค่าความแข็ง/ ค่าการขัดถู (Hardness/ Abrasion Number) บอกถึงความต้านทานการสึกกร่อนของถ่านกัมมันต์ ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการทนต่อแรงเสียดสี และความสามารถในการคงสภาพของถ่านกัมมันต์ที่มีต่อกระบวนการล้างวัสดุกรอง (backwashing) ซึ่งค่านี้จะแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามชนิดวัสดุดิบและระดับที่ถ่านถูกกระตุ้น

7. ปริมาณเถ้า (Ash Content) จะลดประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ และลดประสิทธิภาพการนำถ่านไปกระตุ้นซ้ำ

8. ระดับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride Activity) เป็นการหาความพรุนของถ่านกัมมันต์โดยดูจากค่าการดูดซับไออิมตัวของสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์

9. ค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาคถ่าน (Particle Size Distribution) เกี่ยวข้องกับความละเอียดของผงถ่าน ยิ่งถ่านมีขนาดอนุภาคละเอียดมากเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มพื้นที่ผิวของถ่านให้มากขึ้น ซึ่งมีผลให้โมเลกุลก๊าซถูกดูดซับเข้าไปในโครงสร้างถ่านได้เร็วขึ้น และทำให้ความดันก๊าซของระบบไม่ลดลงมากด้วย ดังนั้นอุตสาหกรรมจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมาก เพื่อสร้างแรงดันก๊าซให้ไหลผ่านถ่านกรองด้วยอัตราเร็วที่กำหนด

ประเภทถ่านกัมมันต์ ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ปัจจุบันผู้ผลิตสามารถผลิตถ่านออกมาได้หลากหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงมีวิธีการแบ่งประเภทถ่านกัมมันต์หลายแบบ แต่วิธีที่นิยมใช้คือ การแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของถ่าน ดังนี้

ถ่านกัมมันต์แบบผง (Powdered Activated Carbon, PAC) ถ่านกัมมันต์ผงเป็นรูปแบบดั้งเดิมของถ่านที่ยังนิยมใช้ในทุกวันนี้ โดยทั่วไปขนาดของผงถ่านจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.15-0.25 มิลลิเมตร ถ่านในรูปผงมีจุดเด่นตรงตัวถ่านมีสัดส่วนของพื้นที่ผิว (นอก) ต่อปริมาตรมาก ถ่านผงเหมาะกับการใช้งานแบบเติมลงในภาชนะของเหลวโดยตรงมากกว่าการบรรจุในท่อและปล่อยของเหลวไหลผ่านผงถ่าน เนื่องจากวิธีหลังจะสูญเสียผงถ่านได้ง่ายกว่า



ภาพที่ 7 ถ่านกัมมันต์แบบผง

ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด (Granular Activated Carbon, GAC) ถ่านกัมมันต์ในรูปเกล็ดนิยมใช้ในการดูดซับก๊าซหรือไอของสาร เนื่องจากขนาดเกล็ดใหญ่กว่าผงทำให้ก๊าซไหลผ่านได้ง่ายกว่า



ภาพที่ 8 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด

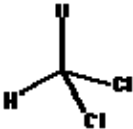
ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง (Extruded Activated Carbon, EAC) เป็นถ่านกัมมันต์ที่นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีด (extruder) ทำให้ได้ถ่านลักษณะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-4.5 มิลลิเมตร ถ่านประเภทนี้เหมาะกับการกรองหรือดูดซับก๊าซ เนื่องจากทำให้ความดันก๊าซตก (pressure drop) น้อยกว่าถ่านกัมมันต์ประเภทอื่น นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งยังมีความแข็งแรงเชิงกลสูง อีกทั้งทำให้เกิดละอองฝุ่นน้อยด้วย

ถ่านกัมมันต์เคลือบอนุภาค (Impregnated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ได้เติมโมเลกุลสารอนินทรีย์ลงไปในโครงสร้างเช่น อนุภาคโลหะเงิน ทำให้ถ่านสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ นอกเหนือจากสมบัติในการกรองสาร ดังนั้นจึงมีการนำถ่านชนิดนี้มาใช้กับระบบกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำ ทั้งนี้มีแหล่งข้อมูลบางแห่งแย้งว่า การใส่อนุภาคเงินเข้าไปในโครงสร้างถ่านจะทำให้ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการกรองลดลง และยังมีอีกหลายประเด็นของถ่านชนิดนี้ที่ถูกแย้ง เช่น ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของถ่านเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง ฯลฯ

ถ่านกัมมันต์เคลือบโพลิเมอร์ (Polymers Coated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ถูกเคลือบด้วยสารโพลิเมอร์บางชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatible polymer) โดยใช้เทคนิคพิเศษ ซึ่งชั้นเคลือบโพลิเมอร์มีสมบัติยอมให้สารบางอย่างผ่านไปได้ ถ่านชนิดนี้ถูกใช้เป็นวัสดุดูดซับสารพิษหรือยาสำหรับกระบวนการฟอกเลือดที่เรียกว่า ฮีโมเพอร์ฟิวชัน (Hemoperfusion) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2552)

5. Dichloromethane (DCM)

ตารางที่ 2_ คุณสมบัติของ dichloromethane

ชื่ออื่นๆ	Methylene chloride; Methylene dichloride; Methane dichloride; R 30; Aerothene MM; Refrigerant 30; Freon 30; DCM; Narkotil; Solaesthin; Solmethine; ; Plastisolve; Methylene Chloride (dichloromethane)
สูตรโมเลกุล	CH_2Cl_2
สูตรโครงสร้าง	
สถานะ	ของเหลว
สี	ไม่มีสี
กลิ่น	คล้ายอีเธอร์
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	39.8
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง ($^{\circ}\text{C}$)	-97
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1)	1.326
ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1)	2.9
ความหนืด (mPa.sec)	0.43
ความดันไอ (mmHg)	340 ที่ 20°C
การใช้	เป็นตัวทำละลายที่ใช้กับพวกสารอินทรีย์ และใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ขจัดคาเฟอีนในกาแฟออก ใช้ในการสกัดสิ่งปรุกรต่างๆ
อันตราย	ไอระเหยของ DCM ก่อให้เกิดการระคายเคือง และอาจก่อให้เกิดมะเร็งในปอด ตับ และตับอ่อน เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์

(ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2552)

6. Gas Chromatography (GC)



บทนำ

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นหนึ่งในเทคนิคของการแยกและวิเคราะห์สารโดยเทคนิคนี้ใช้สำหรับการแยกสารผสมที่สามารถทำให้กลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิพอเหมาะ เครื่องมือรุ่นใหม่ๆ ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาทั้งในส่วนของอุปกรณ์และเทคนิคเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการแพทย์พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

หลักการ

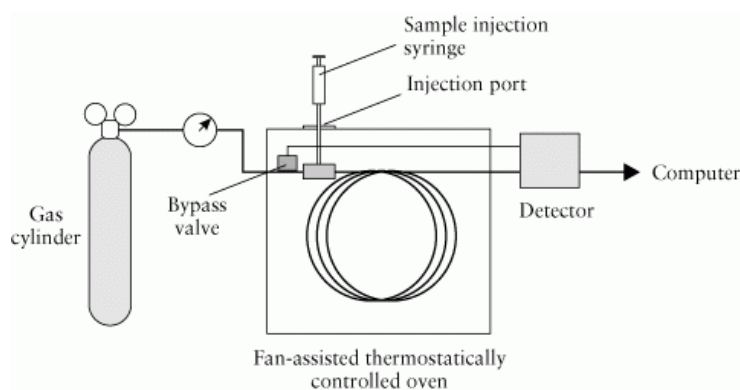
เทคนิคโครมาโทกราฟีทุกประเภทจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน นั่นคือ ทำการแยกองค์ประกอบของสารที่กระจายอยู่ระหว่างเฟสที่ไม่ผสมกันสองเฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) และ เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) องค์ประกอบของสารตัวอย่างซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างจากเฟสทั้งสองจะเคลื่อนที่ผ่านด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน เมื่อองค์ประกอบของสารเคลื่อนที่ผ่านออกมาจากระบบจะถูกชะแล้วผ่านไปยังเครื่องตรวจวัดซึ่งจะทำการรายงานผลออกมาในรูปแบบของโครมาโตแกรมเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไปสิ่งที่ทำให้เทคนิคโครมาโทกราฟีแต่ละเทคนิคมีความแตกต่างกันคือ เฟสเคลื่อนที่ สำหรับแก๊สโครมาโทกราฟีจะมีเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สนั่นเอง

ประเภท

นอกจากการจำแนกประเภทของเทคนิคโครมาโทกราฟีด้วยเฟสเคลื่อนที่แล้ว เราสามารถใช้เฟสอยู่กับที่ในการแยกย่อยประเภทของแก๊สโครมาโทกราฟีได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของแข็ง (Gas-solid chromatography, GSC) โครมาโทกราฟีประเภทนี้จะใช้ของแข็ง เช่น ซิลิกาเจลเป็นเฟสอยู่กับที่ กลไกการแยกสารที่เกิดขึ้นเป็นแบบการดูดซับ ดังนั้นการแยกสารจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดซับของสารที่บรรจุในคอลัมน์ แต่โดยทั่วไปแล้วโครมาโทกราฟีชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก

2. แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของเหลว (Gas-liquid chromatography, GLC) โครมาโทกราฟีประเภทนี้จะใช้ของเหลวเป็นเฟสอยู่กับที่ ดังนั้นจึงต้องทำการเคลือบของเหลวให้เป็นชั้นบางๆ บนของแข็งเนื้อที่เรียกว่า solid supporter กลไกการแยกสารที่เกิดขึ้น เป็นแบบพาร์ทิชันซึ่งสามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากและให้ผลการทดลองที่ดีกว่า GSC จึงทำให้ GLC เป็นที่นิยมใช้



ภาพที่ 9 แผนผังลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

เครื่องมือ

ลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยทั่วไป จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ดังนี้

1. **Gas supply unit** แก๊สที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่จะต้องเป็นแก๊สเฉื่อย โดยปกติแล้วจะใช้ไนโตรเจน ฮีเลียม อาร์กอน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการเลือกชนิดของแก๊สจะขึ้นกับชนิดของเครื่องตรวจวัด เฟสเคลื่อนที่นี้จะถูกนำเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีผ่านทางตัวควบคุมอัตราการไหลเพื่อรักษาให้มีอัตราการไหลคงที่ ถ้าอัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวเปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจะให้ความแม่นยำมีค่าไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์จะต้องทำการควบคุมอัตราการไหลให้มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเรื่องยากในการควบคุมเพราะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการทำโปรแกรมอุณหภูมิก็จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดและอัตราการไหลของแก๊ส ดังนั้นเครื่องมือในรุ่นใหม่ๆ จึงมีระบบไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมอัตราการไหลเพื่อแก้ไขปัญหานี้

2. **Sampling unit** หลังจากที่เปิดให้แก๊สพาหะผ่านเข้าสู่ส่วนต่างๆ ของเครื่องมือแล้ว สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกฉีดผ่านมาทางส่วนของ Sampling unit ที่ประกอบด้วยเครื่องฉีดสารและตุ๋ม ซึ่งในส่วนนี้สารตัวอย่างจะถูกทำให้ระเหิดกลายเป็นไอแล้วส่งผ่านเข้าสู่คอลัมน์

เพื่อทำการแยกองค์ประกอบต่างๆ การใช้เครื่องฉีดสารแต่ละชนิดจะขึ้นกับสถานะของตัวอย่างและชนิดของคอลัมน์แต่วิธีการที่ง่ายที่สุดคือการใช้เข็มฉีดสารตัวอย่างผ่านทาง septum ไปยังส่วนที่ทำให้สารระเหยกลายเป็นไอซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของสารประมาณ 50 องศาเซลเซียส สำหรับแพ็คเกจคอลัมน์สารตัวอย่างที่ฉีดจะต้องมีปริมาณ 10-20 ไมโครลิตรในขณะที่แคปิลารีคอลัมน์จะใช้ตัวอย่างเพียง 1-3 ไมโครลิตร โดยใช้ตัว splitter สำหรับเครื่องมือในปัจจุบันจะมีระบบฉีดสารแบบอัตโนมัติ มีระบบที่คอยควบคุมอุณหภูมิของตู้อบเพื่อให้วิเคราะห์ได้เร็วขึ้นสามารถทำความสะอาดคอลัมน์ปรับปรุงประสิทธิภาพของการแยกสามารถเลือกการระเหยสำหรับการฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์โดยตรงจากส่วนบนของคอลัมน์และสามารถลดปัญหาการสลายตัวของสารที่ไม่เสถียรได้

3. Column unit คอลัมน์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในการแยกสาร โดยทั่วไปแล้วคอลัมน์สำหรับแก๊สโครมาโทกราฟี มี 2 ประเภทคือ แพ็คเกจคอลัมน์ และแคปิลารีคอลัมน์ แพ็คเกจคอลัมน์จะมี solid support ซึ่งโดยส่วนใหญ่คือ diatomaceous earth เป็นตัวยึดเฟสอยู่กับที่ที่มีความยาว 1.5-10 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2-4 มิลลิเมตร ในขณะที่แคปิลารีคอลัมน์มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในน้อยกว่าระดับมิลลิเมตรถึง 10 เท่า และสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ wall-coated open tubular (WCOT) ซึ่งผนังภายในถูกเคลือบไว้ด้วยเฟสอยู่กับที่ที่เป็นของเหลว และ support-coated open tubular (SCOT) ซึ่งผนังภายในถูกเคลือบไว้ด้วยสาร เช่น diatomaceous earth เป็นชั้นบางๆ เพื่อดูดซับเฟสอยู่กับที่โดยทั่วไปแล้ว SCOT จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า WCOT แต่อย่างไรก็ตามทั้งคู่ก็มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแพ็คเกจคอลัมน์นอกจากคอลัมน์แล้วในส่วนนี้ยังต้องมีตู้อบที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ อุณหภูมิของคอลัมน์จะต้องถูกควบคุมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆและมีค่าสูงกว่าจุดเดือดของตัวอย่างในช่วง 2-30 นาทีในช่วงของการระเหย อุณหภูมิที่ต่ำจะทำให้การแยกที่ดีแต่จะทำให้เวลาในการระเหยเพิ่มขึ้น และถ้าตัวอย่างมีช่วงของการเดือดที่กว้างจะต้องอาศัยการทำโปรแกรมอุณหภูมิเข้าช่วย

4. Detector unit เครื่องตรวจวัดเป็นอุปกรณ์ชิ้นสุดท้ายของแก๊สโครมาโทกราฟี ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสารที่ถูกชะออกมาจากคอลัมน์แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบประมวลผล ซึ่งในปัจจุบันจะใช้ระบบการควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะให้รายละเอียดของโครมาโตแกรม ข้อมูลของพีค (พื้นที่ ความสูง ความกว้างเป็นต้น) การสอบเทียบ การคำนวณ การรายงานผล และสถิติเครื่องตรวจวัดมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวแปรในการทำงาน และประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป ในตารางที่ 1 แสดงเครื่องตรวจวัดต่างๆ ไปที่ใช้ในเครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟีเครื่องตรวจวัดและท่อที่เชื่อมระหว่างคอลัมน์กับเครื่องตรวจวัดจะต้องรักษาอุณหภูมิให้สูงกว่าอุณหภูมิของตู้อบไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างเกิด

การควบแน่นตรงบริเวณท่อหรือเครื่องตรวจวัดซึ่งจะส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนและลดประสิทธิภาพในการตอบสนองของเครื่องตรวจวัดได้

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการของเครื่องตรวจวัด

เครื่องตรวจวัดที่จะใช้ในการตรวจหาสารในเครื่อง GC นั้น ควรจะต้องมีลักษณะเฉพาะในการตอบสนองต่อสารเคมีที่ต้องการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ควรจะต้องให้สภาพไวสูง (High sensitivity) นั่นคือ การตอบสนอง (response) ต่อปริมาณสารควรจะต้องมาก เพื่อที่จะสามารถตรวจหาปริมาณของสารน้อยๆ ได้
2. ควรมีความเฉพาะต่อการตรวจหาสาร (selectivity) บ้าง เช่น สารต่างประเภทกันควรให้การตอบสนองที่แตกต่างกัน ถ้าเครื่องตรวจวัดใดให้การตอบสนองต่อสารทุกประเภทเหมือนกัน เครื่องตรวจวัด นั้นก็จัดเป็นประเภททั่วไป (universal detector)
3. ควรจะต้องมี Dynamic Range ที่กว้าง คือ เครื่องตรวจวัดนั้นควรให้ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณในช่วงความเข้มข้นที่กว้างพอที่จะวัดได้อย่างถูกต้อง
4. ในทางปฏิบัติเครื่องตรวจวัดควรจะต้องมีเสถียรภาพ (stability) และความเที่ยง (reproducibility) ที่ดีด้วย มิฉะนั้นค่าที่วัดได้จะ ไม่มีความถูกต้องและแตกต่างกันจึงใช้ไม่ได้

ตารางที่ 3 ประเภทของเครื่องตรวจวัดต่างๆ ไปที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

เครื่อง ตรวจวัด	ประเภท	Support gases	การเลือกจำเพาะ	ความสามารถ ในการตรวจวัด	Dynamic range
Flame Ionization (FID)	Mass flow	ไฮโดรเจน และอากาศ	สารประกอบอินทรีย์โดย ส่วนใหญ่	100 pg	107
Thermal Conductivity (TCD)	ความ เข้มข้น	สาร มาตรฐาน	ใช้งานได้ทุกๆ ไป	1 ng	107
Electron Capture (ECD)	ความ เข้มข้น	Make-up	แฮไลด์ ไนเตรต ไนไตร เปอร์ออกไซด์ แอนไฮไดรด์ โลหะอินทรีย์	50 fg	105
Nitrogen- Phosphorus	Mass flow	ไฮโดรเจน และอากาศ	ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส	10 pg	106
Flame Photometric (FPD)	Mass flow	ไฮโดรเจน อากาศ ออกซิเจน	กำมะถัน ฟอสฟอรัส ดีบุก โบรอน อาร์เซนิก เจอร์มา เนียม เซเลเนียม โครเมียม	100 pg	103
Photo Ionization (PID)	ความ เข้มข้น	Make-up	อะลิฟาติกส์ อะโรมาติกส์ คี โตน เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ เอ มีน เฮเทอโรไซคลิก organosulphurs และ โลหะ อินทรีย์ บางประเภท	2 pg	107

(LAB.TODAY, 2552)

Flame Ionization Detector (FID)

FID เป็นเครื่องตรวจวัดอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการตรวจหาสารประกอบอินทรีย์ การทำงานของ FID คือ แก๊สไฮโดรเจนจะถูกจุดติดไฟด้วย heater ไฟฟ้าซึ่งอยู่ใกล้ๆ กับ Flame jet ส่วนอากาศที่ผ่านเข้าไปทำหน้าที่สองอย่างคือ ช่วยการเผาไหม้ของไฮโดรเจนและช่วยพาให้แก๊สที่เผาไหม้แล้วออกไป แก๊สพาและสารตัวอย่างที่ออกมาจากคอลัมน์จะเข้าสู่เปลวไฟ จะทำให้ได้สารเหล่านั้นเกิดไอออนในเซชันได้เป็นอิเล็กโตรด สัญญาณที่เกิดขึ้น จะถูกส่งไปยัง อิเล็กโตรมิเตอร์ และบันทึกสัญญาณด้วยเครื่องบันทึกได้โครมาโทแกรม FID ที่ผลิตใช้ใน GC มีลักษณะต่างๆ กัน

FID ให้สภาพไวที่ดีกับสารต่างๆ โดยเฉพาะกับสารอินทรีย์ แต่ไม่ดีกับแก๊สต่อไปนี้

He	CS ₂	NH ₃
Ar	COS	CO
Kr	H ₂ S	CO ₂
Ne	SO ₂	H ₂ O
Xe	NO	SiCl
O ₂	N ₂ O	SiHCl ₃
N ₂	NO ₂	SiF ₄

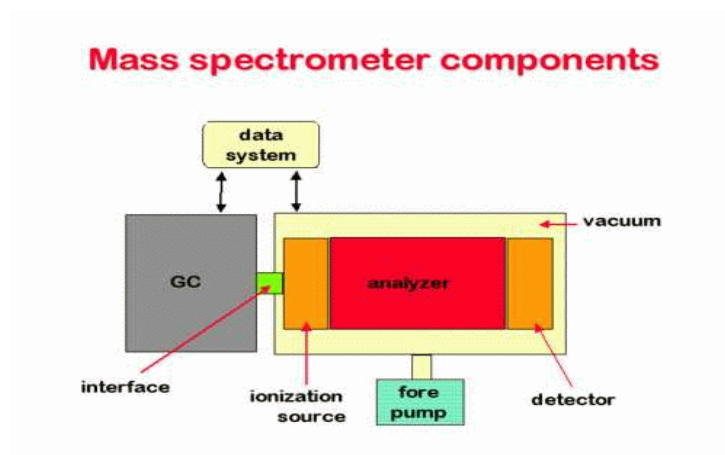
สำหรับ Flow rate ของ H₂ และอากาศที่ใช้ใน FID จะแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิตเครื่อง GC

ข้อควรปฏิบัติในการใช้ FID

เนื่องจากการเผาไหม้ใน FID จะมีไอน้ำเกิดขึ้น เพื่อป้องกันการเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำ ควรจะต้องตั้งอุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดให้สูงกว่า 100° C โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารตัวอย่างเป็นพวกสารประกอบของคลอรีน ผลจากการเผาไหม้จะก่อให้เกิดการสุกร่อนได้ง่าย สภาพไวของเครื่องตรวจวัดจะเสียไปด้วย บางครั้งสารประกอบพวกที่มีโมเลกุลใหญ่ๆ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดเขม่าอุดตัน flame tip หรือ jet ได้ จึงต้องใช้อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดให้สูงขึ้น (แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม, 2534)

Mass Spectrometer (MS)

เป็น Detectorที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC จะถูกไอออไนซ์ในสถานะสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง แล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ



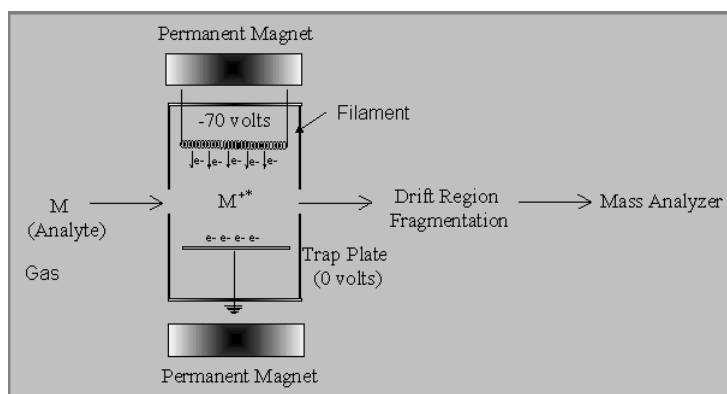
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบพื้นฐานของ MS

องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น

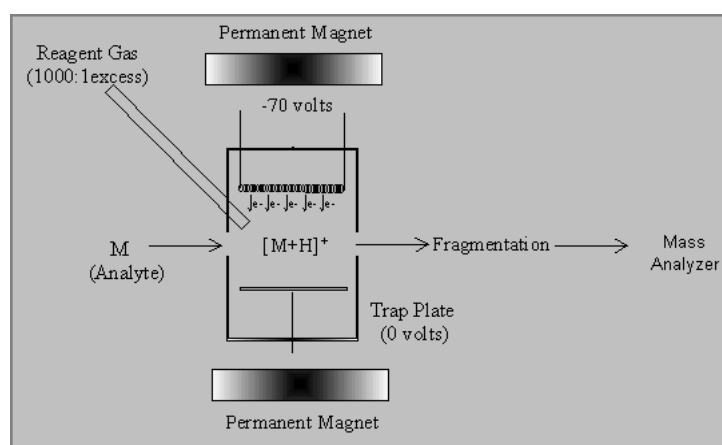
1.) Ionization Source แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

Electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ Electron ซึ่ง Ionization chamber ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10^{-8} Torr โดย Electron จาก Filament ที่ร้อนจะถูกโฟกัสผ่านห้องนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ Electron เป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก (Fragmentation ion) ที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ (Relative abundance)

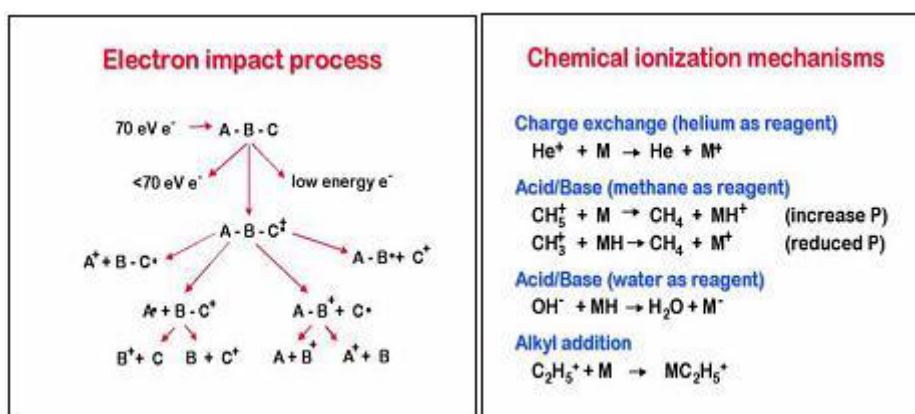
Chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ Fragment ด้วยวิธีทางเคมีโดยผสมสารตัวอย่าง (ความดัน 10^{-4} Torr) เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วย (ความดัน 1 Torr) แล้วผ่านสารผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ Fragment ด้วยการชนกับ Electron เช่นเดียวกัน แก๊สที่ใช้ได้แก่ Methane, Isobutane, Ammonia



ภาพที่ 11 Electron Ionization



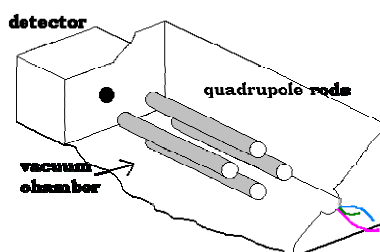
ภาพที่ 12 Chemical Ionization



ภาพที่ 13 กลไกการเกิด fragment ของ EI และ CI

2.) Mass Analyzer

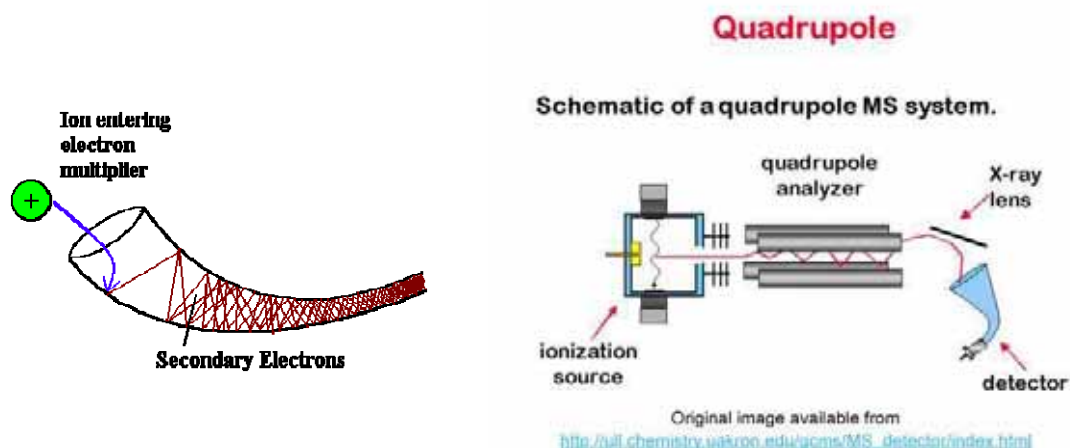
เป็นเครื่องวิเคราะห์มวล มีหลายแบบ คือ Magnetic-sector analyzer, Electrostatic analyzer, Time-of-flight analyzer, Ion cyclotron resonance analyzer, Quadrupole mass spectrometer-Quadrupole Mass Spectrometer ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยสนามแม่เหล็ก คือ เป็น Path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต Ion source 2 ส่วนโดยส่วนแรกจะทำให้ตัวอย่างกลายเป็นไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออนถ้าไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยกไอออนชุดเดียวกัน ดังนั้น ไอออนทั้งหมดจะได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กในสถานะเดียวกัน แต่ถูกตรวจและวัดด้วยเครื่อง Detector แยกกันซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ



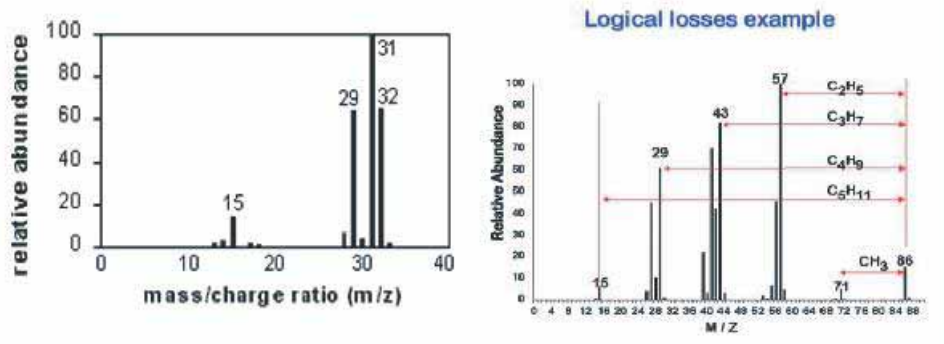
ภาพที่ 14 Quadrupole Detector

3.) Detector

ที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายอย่าง คือ Faraday cup detector, Electron multiplier detector, Scintillation counter detector, Photographic plate detector



ภาพที่ 15 Electron Multiplier Schematic



ภาพที่ 16 Interpreting spectra

ข้อดี-ข้อจำกัด ของแก๊สโครมาโทกราฟี

ข้อดี

แก๊สโครมาโทกราฟีให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูง ความหลากหลายในการเลือกใช้เฟสอยู่กับที่ทำให้มีคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวสารที่แตกต่างกันส่งผลให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เป็นจำนวนมาก เครื่องตรวจวัดที่ใช้ในแก๊สโครมาโทกราฟีมีความไวสูง สามารถตรวจวัดสารประกอบได้อย่างถูกต้อง แม่นยำเนื่องจากเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สจึงสามารถต่อเข้ากับ mass spectrometer ทำให้แก๊สโครมาโทกราฟีกลายเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้แก๊สโครมาโทกราฟียังสามารถใช้ในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ปนเปื้อนได้หลายชนิด

ข้อจำกัด

สารตัวอย่างต้องเป็นสารที่ระเหยง่ายเมื่อฉีดเข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ต้องมีความเสถียร ไม่เกิดการสลายตัวเมื่อถึงอุณหภูมิที่ทำการระเหย นอกจากนี้แก๊สโครมาโทกราฟียังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์สารโมเลกุลไม่มีขั้วหรือสารสารที่มีความเป็นขั้วเพียงเล็กน้อย สามารถแยกแยะโมเลกุลของสารอินทรีย์ได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถทำให้วิเคราะห์สารต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นด้วยการทำอนุพันธ์เทคโนโลยีในปัจจุบันปัจจุบันเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีได้รับการพัฒนาทุกๆ ส่วนขององค์ประกอบ รวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน การวิเคราะห์ และการรายงานผลของเครื่องมือ

การประยุกต์ใช้งาน

1. การวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์และจำแนกสารที่เป็นมลพิษทางอากาศ เช่น lead alkyls, hydrocarbon, PAN, CO, aldehyde, keton, SO₂, H₂S และออกไซด์บางชนิดของไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งในการวิเคราะห์สารแต่ละชนิดจะใช้เครื่องตรวจวัดที่แตกต่างกันออกไป

2. การวิเคราะห์ทางด้านคลินิก

โดยทั่วไปแล้วงานทางด้านคลินิกมักเป็นงานที่มีปริมาณหรือจำนวนตัวอย่างมาก การวิเคราะห์และแยกโดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟีนั้นสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว ตัวอย่างของสารที่แยกและวิเคราะห์โดยแก๊สโครมาโทกราฟีได้แก่ กรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน กรดไขมัน สารอนุพันธ์ ไตรกลีเซอไรด์ สเตอรอยด์ บาร์บิทูเรต และวิตามินซี

3. การวิเคราะห์วัสดุสารเคลือบ

วัสดุสารเคลือบมีมากมายหลายชนิด เช่น ยาง เรซินสังเคราะห์ เป็นต้นที่สามารถนำมาวิเคราะห์และแยกได้โดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี

4. การวิเคราะห์สารพวกน้ำมันหอมระเหย

การวิเคราะห์สารประเภทนี้สามารถทำได้หลายเทคนิคแต่แก๊สโครมาโทกราฟีให้ผลที่ดี สะดวกและรวดเร็ว ตัวอย่างของสารที่วิเคราะห์ได้โดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี ได้แก่ น้ำมันจาก สะระแหน่ น้ำมันจากมะนาว น้ำมันมะกอก เป็นต้น

5. การวิเคราะห์อาหาร

โดยปกติแล้วในการวิเคราะห์อาหารมักจะใช้ TLC ร่วมกับแก๊สโครมาโทกราฟีเสมอ โดยเฉพาะการวิเคราะห์สารจำพวกสารต้านอนุมูลอิสระและสาร preservative นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์สารปนเปื้อน การสลายตัวของสาร ในอาหารและเครื่องดื่ม

6. การวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง

การวิเคราะห์และแยกสารพวกยาฆ่าแมลงนิยมใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีเพราะให้ผลการวิเคราะห์ที่ดี มีความถูกต้องสูง โดยเฉพาะยาฆ่าแมลงที่มีสารประกอบพวก halogenated, chlorinated และ organophosphate เป็นส่วนประกอบ

7. การวิเคราะห์สารปิโตรเลียม

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเครื่องมือการแยกและวิเคราะห์ปริมาณส่วนผสมของแก๊สธรรมชาติที่ใช้กันอย่างกว้างขวางผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ พวกไฮโดรคาร์บอน น้ำมันดิบ พอลิไซคลิก โครมาติก เป็นต้น

8. การวิเคราะห์ยา

ปัจจุบันมีการใช้แก๊สโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์สารประกอบต่างๆ ทางด้านการผลิตยาเนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบพวก alkaloids ชนิดต่างๆ (LAB.TODAY, 2552)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ.1995 Luis Frontela และคณะ ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการเอาน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษซากที่ได้จากเพลิงไหม้กลับคืนมาระหว่างการนำวัตถุพยานไปกลั่นไอน้ำโดยผสมกับ n-hexane และการใช้ Activated charcoal ในการดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยอบที่ 70° C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาสกัดด้วย Carbon disulfide ซึ่งทั้งสองวิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS ผลปรากฏว่า การใช้ Activated charcoal ในการดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิง จะได้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วกว่า ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำจะมีประสิทธิภาพมากกว่า

ปี ค.ศ.2007 Melinda Darrer และคณะ ได้ทำการทดลองใช้ถุงมือที่ทำจาก PVC, PE และ Latex ในการเก็บคราบน้ำมันเบนซินบนมือ พบว่าถุงมือ PVC สามารถเก็บคราบน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด และยังสามารถศึกษาความคงทนของคราบน้ำมันเชื้อเพลิงบนมือด้วย ซึ่งจะสามารถพบคราบน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีที่สุดในช่วงเวลาก่อน 30 นาที หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลง โดยใช้ DFLEX ในการดูดซับไอระเหย และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/FID

ปี ค.ศ.2007 Rafat Borusiewicz และคณะ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Tenax TA[®] และ Carbotrap 300[®] ในการดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้เทคนิค GC/MS พบว่า Tenax TA[®] เหมาะสำหรับดูดซับสารประเภทไม่มีขั้วและมีจุดเดือดสูง ส่วน Carbotrap 300[®] เหมาะสำหรับดูดซับสารประเภทมีขั้วและระเหยเป็นไอได้ง่าย

ASTM E 1412-00 กล่าวถึงการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษซากที่เหลือจากที่เกิดเหตุ โดยเทคนิค Passive Headspace โดยใช้ Activated charcoal สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง GC, GC/MS และ GC/IR และยังแนะนำให้ใช้ถุงชาในการบรรจุ Activated charcoal

Birrer และคณะ ได้แนะนำว่า Carbon disulfide ใช้เป็นตัวทำละลายอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถสกัดสารระเหยอินทรีย์ที่อยู่ใน charcoal strip และเป็นที่ยอมรับเพราะมีการดูดซับได้ดีกว่าสารเคมีตัวอื่นๆ อีกทั้งยังมีความสามารถในการระเหยสูง แต่มีการตอบสนองต่อการตรวจวัดด้วยเครื่อง Gas Chromatography/Flame Ionization Detector (GC/FID) ที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม Carbon disulfide เป็นอันตรายเมื่อมีการสูดดม สามารถติดไฟได้ง่าย และได้รับการบันทึกว่าเป็นสารที่ใช้ในห้องปฏิบัติการซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ มีหลายการศึกษาได้มองหาทางเลือกอื่นๆ ในการใช้สารเคมีที่ปลอดภัยกว่า Birrer และคณะ จึงได้ทำการทดลองและได้ข้อสรุปว่า เป็นสารเคมีที่ใช้แยกสารประเภท Alkanes และ Aromatics ออกโดยมีประสิทธิภาพในการละลายล้างดีกว่า Diethyl ether แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่า Carbon disulfide

Massey ได้แนะนำการใช้สารเคมีอื่นมาแทน Carbon disulfide โดยการใช้สารละลาย 10% isopropanol ใน dichloromethane เป็นตัวทำละลาย Ignitable Liquid Residues (ILR) จาก Activated charcoal แต่ Carbon disulfide ก็ยังคงเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่ใช้กับสารประเภท Alkanes และ Aromatics

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	รายละเอียด
1. น้ำมันเบนซิน	เบนซิน 91 จากสถานีบริการน้ำมันบางจาก
2. Dichloromethane (DCM)	ยี่ห้อ MERCK
3. Charcoal strip	8x20 mm บริษัท Albrayco Technologies, Inc.
4. Activated carbon	บริษัท C.GIGANTIC CARBON Co.,LTD

อุปกรณ์และเครื่องมือ	รายละเอียด
1. กระป๋องเหล็กเคลือบดีบุกพร้อมฝา	ขนาด 6x10 inch
2. กระดาษ Kimwipes	ยี่ห้อ Kimberly-Clark Professional
3. ถุงชา (tea bag)	5x8 cm
4. Pipette พร้อม tip	ขนาด 1000 ml
5. Vial	ขนาด 2, 20 ml
6. Syringe	ขนาด 10 µl
7. เทปกา	-
9. เครื่องชั่ง	2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo PG4002-S
10. Gas Chromatography/Flame Ionization Detector (GC/FID)	ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 6890N Network system

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 การวิเคราะห์หัววัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้อันดับแรกจะทำการวิเคราะห์หัววัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อดูรูปแบบของ Chromatogram ว่ามีสิ่งรบกวนการวิจัยหรือไม่ โดยนำ กระดาษ kimwipes, ถุงชา (tea bag), Activated carbon และ Charcoal strip มาสกัดด้วย dichloromethane 1 ml



ภาพที่ 17 กระดาษ kimwipes



ภาพที่ 18 Activated carbon



ภาพที่ 19 Charcoal strip ของทางการค้า

3.2.2 การเตรียม Activated carbon bag (AB)

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับระหว่าง Activated carbon กับ Charcoal strip ของทางการค้า ดังนั้นจึงต้องหาปริมาณของ Activated carbon ที่จะใช้ในการทดลองเพื่อเป็นตัวดูดซับในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำการชั่ง Activated carbon 0.10 g, 0.50 g และ 1.00 g ใส่ในถุงชา (tea bag) ปิดปากถุงให้เรียบร้อย



ภาพที่ 20 Activated carbon ที่บรรจุในถุงชา

3.2.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวดูดซับ

3.2.3.1 นำกระดาษ kimwipes ใส่ลงในกระป๋อง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของวัตถุพยาน

3.2.3.2 หยดน้ำมันเบนซินลงบนกระดาษ kimwipes ที่อยู่ในกระป๋อง ปริมาตรต่างๆ กันดังนี้ 0.1, 0.5, 1.0 μl โดยใช้ syringe ขนาด 10 μl

3.2.3.3 วางตัวดูดซับในกระป๋อง รีบปิดฝากระป๋องโดยเร็ว แล้วแปะทับด้วยเทปกาว ดังภาพ



ภาพที่ 21 กระป๋องที่ใช้ในการทดลอง

3.2.3.4 นำกระป๋องที่บรรจุเสร็จแล้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2.3.5 นำตัวดูดซับจากกระป๋องมาใส่ใน vial แล้วเติม dichloromethane ปริมาตร 1 ml

3.2.3.6 จากนั้นนำ vial ไปเขย่าโดย ultrasonic เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2.4 การวิเคราะห์น้ำมันเบนซิน

ใช้ syringe ขนาด 10 μ l คูดน้ำมันเบนซินปริมาตร 0.1 μ l, 0.5 μ l และ 1.0 μ l ใส่ใน vial ที่มี dichloromethane อยู่ 1 ml

3.2.5 การทำ Calibration curve

ใช้ syringe ขนาด 10 μ l คูดน้ำมันเบนซินปริมาตร 0.1 μ l, 0.5 μ l, 1.0 μ l, 1.5 μ l, และ 2.0 μ l ใส่ใน vial ที่มี dichloromethane อยู่ 1 ml

3.2.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างทุกตัวที่เตรียมไว้ในมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography/Flame Ionization Detector (GC/FID) โดยมีสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

Column : HP-1 ; Methyl Siloxan Capillary

30 m x 320 μ m x 0.25 μ m

Carrier gas : Helium

flow : 2 ml/min

Split ratio : 27:1

Injector : 180°C

Detector : 300°C

Temperature program : 50°C hold 5 min

50°C to 300°C @ 20°C/min

300°C hold 7 min

บทที่ 4

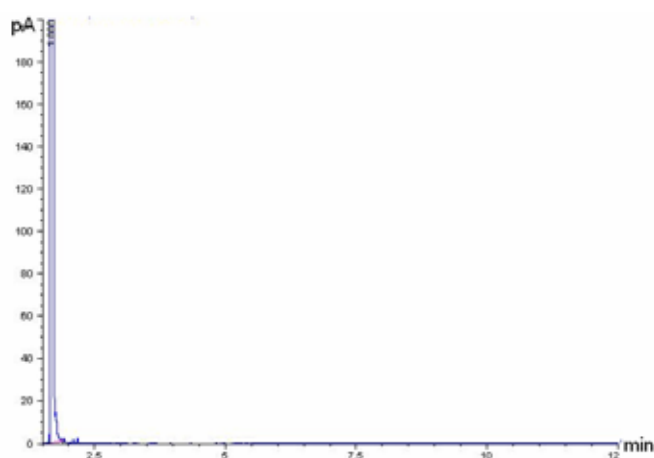
ผลการทดลอง

ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวดูดซับคราบน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่าง Activated carbon กับ Charcoal strip นั้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบโดยใช้ Activated carbon ของบริษัท ซี ไจแกนคิด คาร์บอน บจก. ซึ่งเป็น คาร์บอนทั่วไปที่สามารถหาซื้อได้ง่าย เพราะเป็นสิ่งที่ใช้ในงานทั่วไป เช่น ใช้ในกระบวนการกรอง หรือดูดซับสิ่งต่างๆ ส่วนถุงชาที่ใช้สำหรับบรรจุก็สามารถหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด เช่นกัน

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซินโดยนำพื้นที่ใต้พีคที่สนใจ ของน้ำมันเบนซินและตัวดูดซับทั้งสอง คือ Activated carbon, Charcoal strip ที่ความเข้มข้นเท่ากัน มาคำนวณหา %Recovery

4.1 การทดสอบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเบนซินออกจากตัวดูดซับ

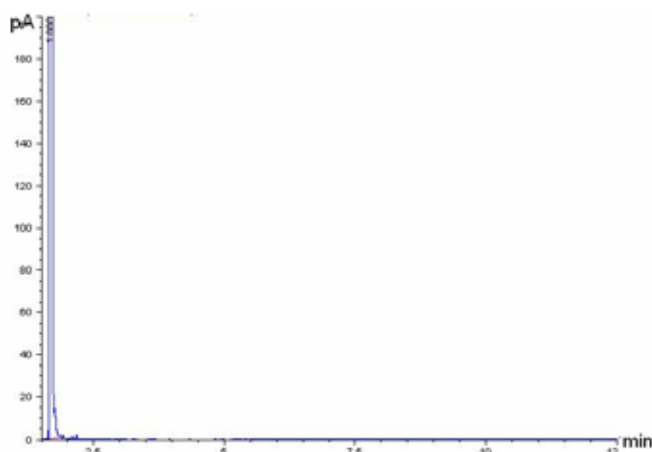
ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเบนซินออกจากตัวดูดซับในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ dichloromethane เพราะสามารถสกัดสารพวก alkanes และ aromatics ออกได้ โดยมีประสิทธิภาพในการละลายดีกว่า diethyl ether แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่า carbon disulfide และไม่พบฟลักที่รบกวนฟลักของน้ำมันเบนซิน ดังภาพ



ภาพที่ 22 Chromatogram ของ dichloromethane

4.2 การทดสอบวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ก่อน เพื่อดูรูปแบบของ Chromatogram ว่ามีพีคที่สามารถบ่งชี้ของน้ำมันเบนซินหรือไม่ โดยวัสดุที่นำมาทดสอบคือ กระดาษ kimwipes, ถุงชา (tea bag), Activated carbon และ Charcoal strip ได้ผลการทดลองดังตาราง



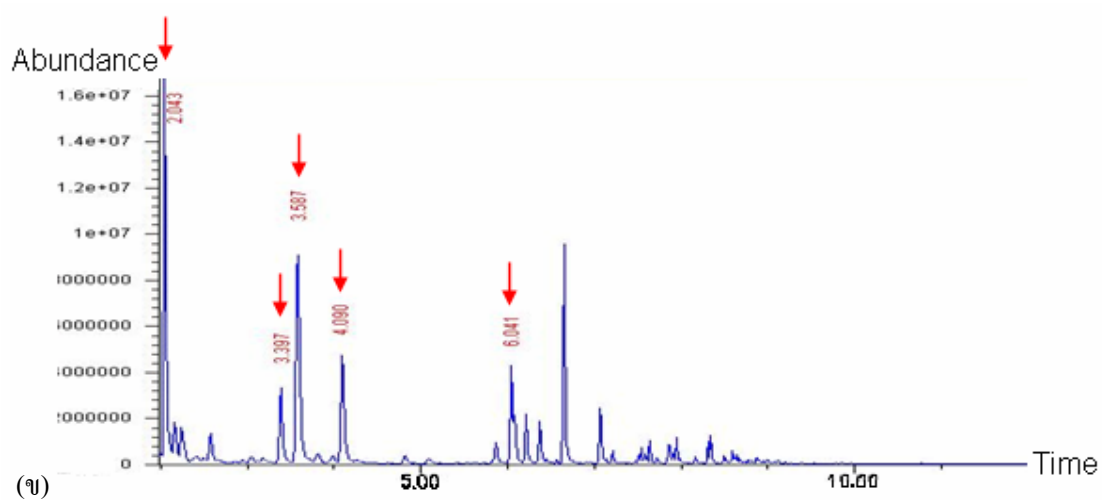
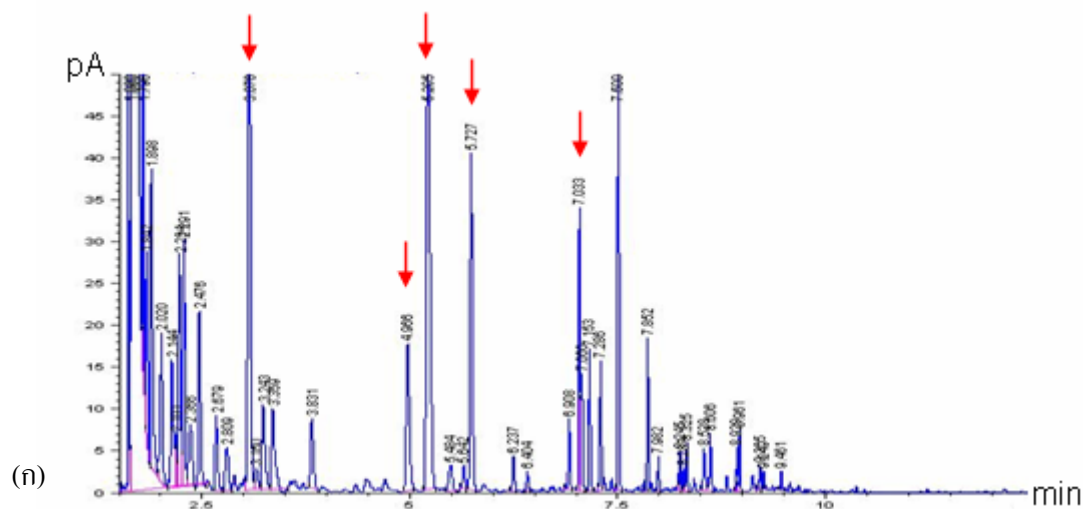
ภาพที่ 23 Chromatogram ของ Activated carbon

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	ผลการทดสอบ
dichloromethane	ไม่พบพีคที่บ่งชี้ของน้ำมันเบนซิน
กระดาษ kimwipes	ไม่พบพีคที่บ่งชี้ของน้ำมันเบนซิน
ถุงชา (tea bag)	ไม่พบพีคที่บ่งชี้ของน้ำมันเบนซิน
Activated carbon	ไม่พบพีคที่บ่งชี้ของน้ำมันเบนซิน
Charcoal strip	ไม่พบพีคที่บ่งชี้ของน้ำมันเบนซิน

4.3 การวิเคราะห์น้ำมันเบนซิน

ทำการวิเคราะห์น้ำมันเบนซินเพื่อดูรูปแบบของ Chromatogram เนื่องจากน้ำมันเบนซินมีองค์ประกอบหลายชนิด จึงได้พีกหลายพีก ดังรูป



ภาพที่ 24 Chromatogram ของน้ำมันเบนซิน (ก) เทคนิค GC/FID (ข) เทคนิค GC/MS

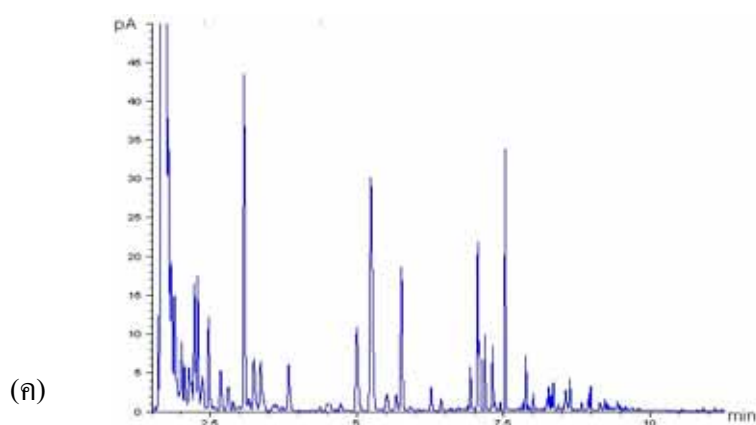
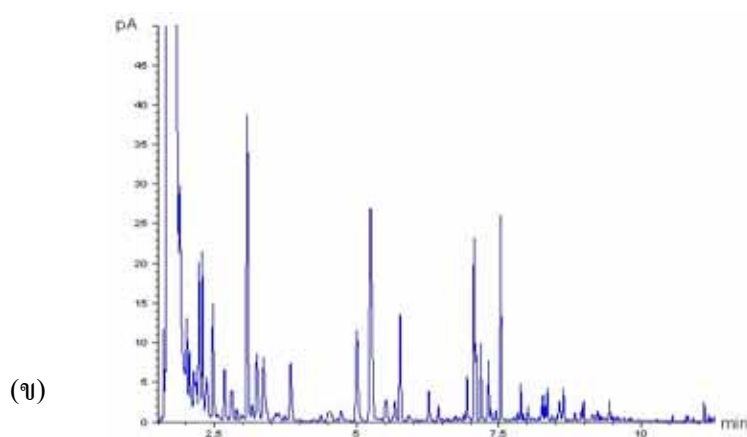
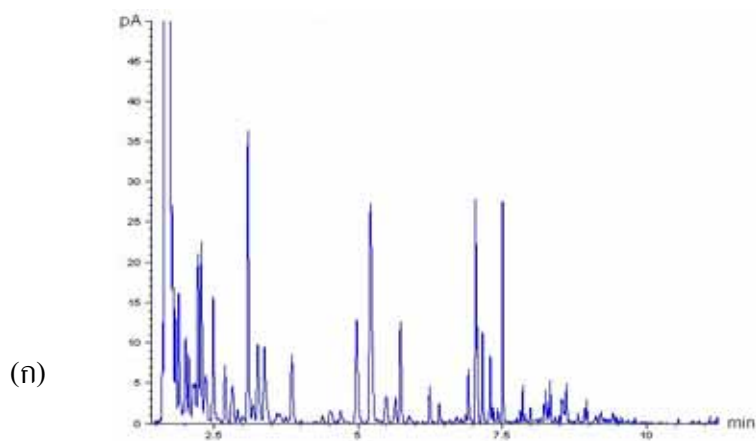
จากภาพที่ 24 Chromatogram ของน้ำมันเบนซินของทั้ง 2 เทคนิค จะพบว่ามีรูปแบบของพีคคล้ายกัน จากนั้นทำการเลือกพีคที่สนใจมา 5 พีคจากเทคนิค GC/FID เลือกโดยการวิเคราะห์น้ำมันเบนซินที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$ ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 10 ครั้ง ทำการเลือกพีคที่ปรากฏในทั้ง 10 ครั้ง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเทคนิค GC/MS ซึ่งเทคนิคนี้ สามารถระบุได้ว่าน่าจะเป็นสารชนิดใด ซึ่งสอดคล้องกับที่ Eric Stauffer และคณะ ได้แนะนำพีคที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันเบนซินไว้ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วโดยดูจากรูปแบบของพีคได้ดังตารางตารางที่ 5 retention time ทั้ง 5 ของน้ำมันเบนซิน ที่สนใจ

Retention time เฉลี่ยของน้ำมันเบนซิน (min)	Group(Name)	m/z
3.074	C1-Alkylbenzene (Toluene)	91
4.963	C2-Alkylbenzene (Ethyl benzene)	91, 106
5.204	C2-Alkylbenzene (Xylene)	91, 106
5.729	C2-Alkylbenzene (Xylene)	91, 106
7.035	C3-Alkylbenzene (3-Ethyltoluene)	105, 120

หมายเหตุ : เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวดูดซับ มีค่าต่างจาก Retention time ของน้ำมันเบนซิน จากตารางข้างบนไม่เกิน 2 % (SOFT Guideline)

4.4 การทดสอบการดูดซับเพื่อหาปริมาณ Activated carbon ที่เหมาะสม

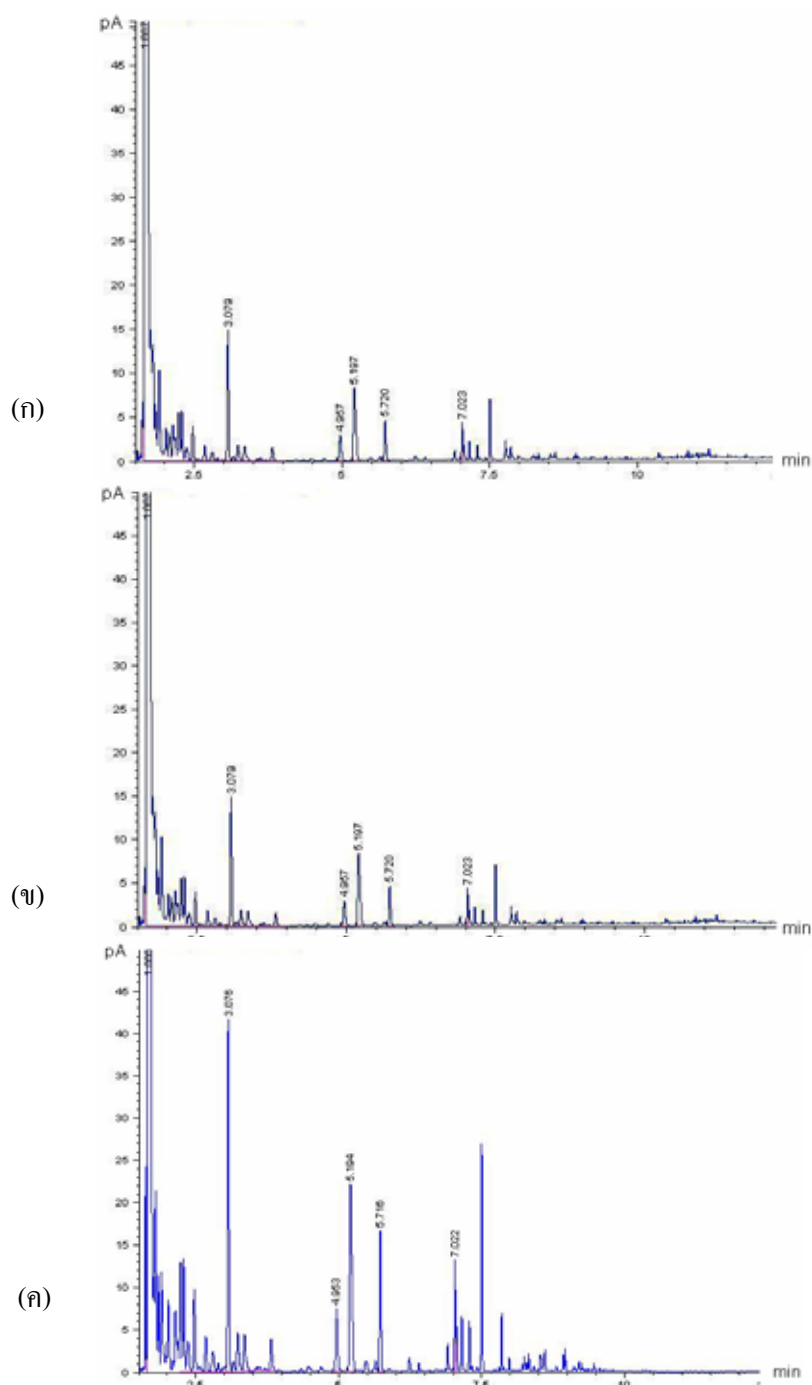
หาปริมาณของ Activated carbon ที่จะใช้ในการทดลองเพื่อเป็นตัวดูดซับในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำการทดลองที่ Activated carbon ปริมาตร 0.1 g, 0.5 g และ 1.0 g ได้ผลดังภาพ



ภาพที่ 25 Chromatogram (ก) 0.1 g (ข) 0.5 g (ค) 1.0 g

4.5 การทดสอบการประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน

การทดสอบการประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน โดยตัวดูดซับ คือ Charcoal strip และ Activated carbon ที่สกัดด้วย dichloromethane 1 ml แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ น้ำมันเบนซินที่ความเข้มข้นเดียวกัน คือ 0.1, 0.5, 1 $\mu\text{l/ml}$ ได้ผลดังภาพ



ภาพที่ 26 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 1 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip

(ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน โดยตัวดูดซับทั้งสองชนิด โดยนำพื้นที่ได้ฟิค ทั้ง 5 ฟิค ของตัวดูดซับทั้งสองชนิด มาเปรียบเทียบกับพื้นที่ได้ฟิคของน้ำมันเบนซิน ที่ความเข้มข้นเดียวกัน แล้วคำนวณหา %Recovery ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 1 µl/ml

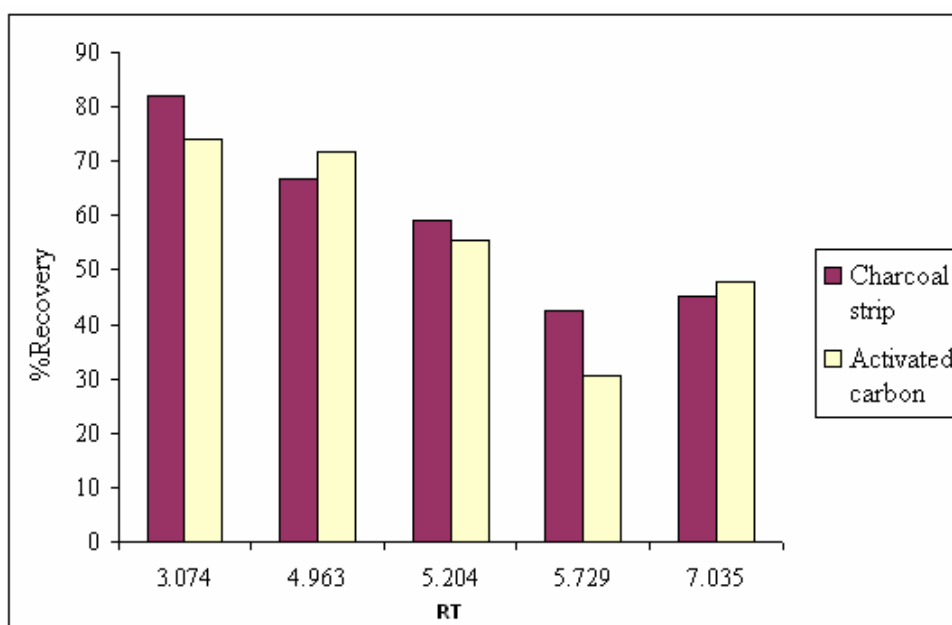
Retention time (min)	%Recovery	
	Charcoal strip	Activated carbon
3.074	77.40	61.29
4.963	80.22	72.69
5.204	75.82	58.36
5.729	62.42	39.63
7.035	75.93	70.58

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 0.5 µl/ml

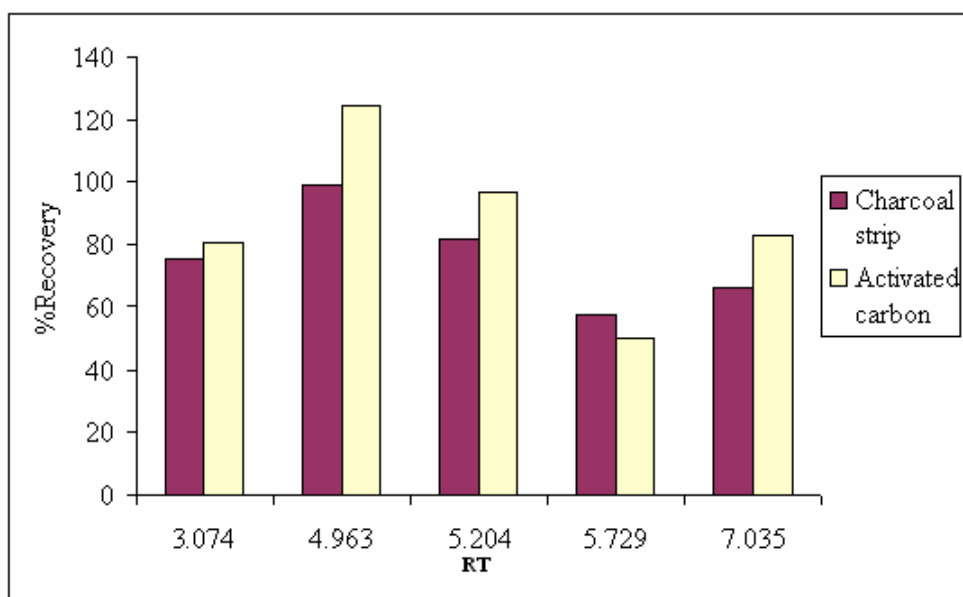
Retention time (min)	%Recovery	
	Charcoal strip	Activated carbon
3.074	75.24	80.21
4.963	98.96	124.35
5.204	81.47	96.87
5.729	57.64	50.50
7.035	65.87	82.88

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$

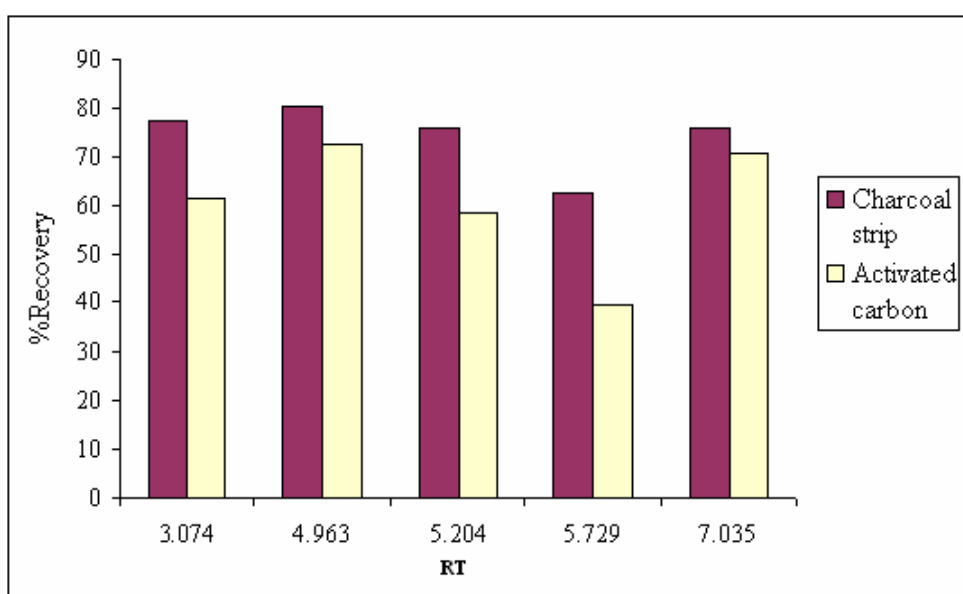
Retention time (min)	%Recovery	
	Charcoal strip	Activated carbon
3.074	81.90	73.86
4.963	66.72	71.69
5.204	58.86	55.44
5.729	42.64	30.56
7.035	44.94	47.56



ภาพที่ 27 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิด ที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$



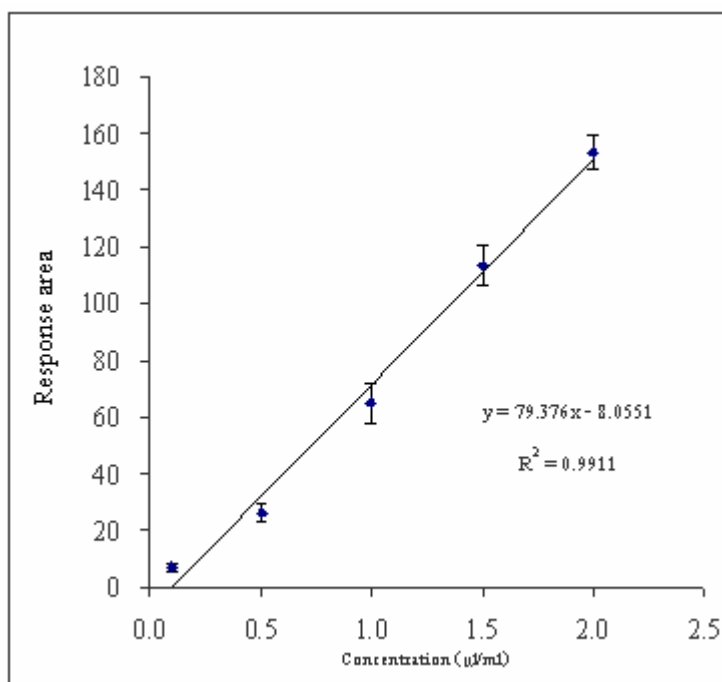
ภาพที่ 28 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิด
ที่ความเข้มข้น 0.5 µl/ml



ภาพที่ 29 แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ของตัวดูดซับทั้งสองชนิด
ที่ความเข้มข้น 1.0 µl/ml

4.7 การทำ Calibration curve

นำพื้นที่ใต้พีคทั้ง 5 ของน้ำมันเบนซินที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 $\mu\text{l/ml}$ มาทำพลอตกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 30 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 3.074

ตัวอย่างวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ

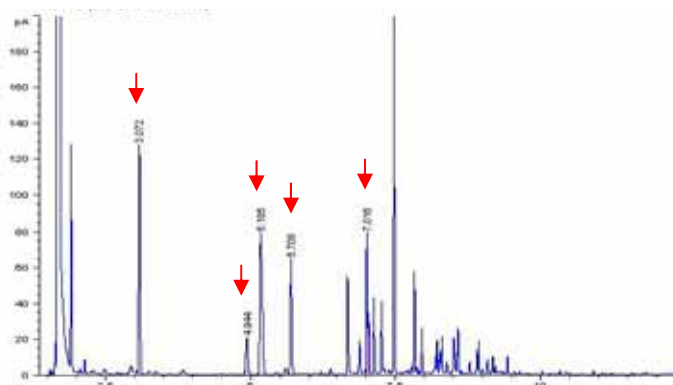


ภาพที่ 31 วัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ

ตัวอย่างที่ส่งตรวจ : เศษผ้าสีดำ แข็ง กรอบ ลักษณะคล้ายถูกไฟไหม้ บรรจุในกระป๋อง

วิธีทดลอง : นำตัวดูดซับใส่ลงไปในกระป๋อง แล้วนำไปอบที่ 95°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำ

ตัวดูดซับไปสกัดด้วย dichloromethane 1 ml นำมาวิเคราะห์ด้วย GC/FID



ภาพที่ 32 Chromatogram ของวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ

นำพื้นที่ใต้พีคที่ได้จาก Chromatogram มาคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของคราบน้ำมันจากวัตถุพยาน โดยใช้สมการจาก Calibration curve (ภาพที่ 30) โดยคำนวณทุก Retention time ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 9 ค่าความเข้มข้นของวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ

Retention time (min)	Concentration (µl/ml)
3.074	1.4532
4.963	1.3213
5.204	1.7583
5.729	1.8536
7.035	0.9874
Average	1.4748

4.8 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสอง

นำผลการทดลองที่ Retention time ทั้ง 5 มาเปรียบเทียบทางสถิติว่าตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด คือ Charcoal Strip และ Activated carbon แตกต่างกันหรือไม่ โดยทำการทดลองทั้งหมด 9 ซ้ำ (EURACHEM Guide) พบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใต้พีคของตัวดูดซับทั้ง 2 เท่ากับ 50.4407 และ 39.8524 ตามลำดับ แสดงว่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันของ Charcoal Strip ดีกว่า Activated carbon

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variance) ของการวิเคราะห์ซ้ำพบว่าความแปรปรวนของข้อมูล Activated carbon มีค่าสูงกว่า Charcoal Strip

เมื่อนำค่าความแปรปรวนมาคำนวณค่า F-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของค่าที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่า ค่า F จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่า F-critical (จากตาราง) แสดงว่าความเที่ยงของการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาความแม่นยำ (Accuracy) จากค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของค่าที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่าค่า t จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่า t-critical (จากตาราง) แสดงว่าค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด Retention time เท่ากับ 3.074

Principle	Charcoal Strip	Activated carbon
Observation	9	9
Average of all data	50.4407	39.8524
sd of all data	6.5839	8.2215
Variance of all data	43.3471	67.5933
F-test	1.5593	
F-critical (95%CI)	4.4333	
t-test	0.4049	
v	16	
t-critical (95%CI)	2.1199	
Conclusion:	1. Variance ทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน	

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจุบันการเก็บวัตถุดิบในคดีเพลิงไหม้ นิยมใช้ Charcoal strip (DFLEX) ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น การทดลองนี้จึงนำ Activated carbon ที่หาซื้อได้ทั่วไป มาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพราะมีองค์ประกอบคล้ายกัน และเป็นสารที่มีรูพรุนที่สามารถใช้ในการดูดซับได้เหมือนกัน โดยการนำมาใช้เป็นตัวดูดซับไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบเพื่อไม่ให้ไอระเหยของน้ำมันบนวัตถุดิบสูญหายไปในช่วงการขนส่งจากสถานที่เกิดเหตุจนถึงห้องปฏิบัติการตรวจพิสูจน์และเพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวกกับสถานการณ์จริงจึงได้ทำการบรรจุ Activated carbon ลงในถุงชา เนื่องจากในคดีวางเพลิงนั้นคราบน้ำมันอาจมีเหลืออยู่น้อยมาก ถ้าเราทำการเก็บวัตถุดิบไม่ถูกวิธีอาจทำให้ไม่ได้ข้อเท็จจริงที่เป็นประโยชน์ต่อรูปคดี

ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงนั้น ส่วนใหญ่จะนิยมใช้เทคนิค GC/MS เนื่องจากสามารถระบุได้ว่ามีสารใดเป็นองค์ประกอบบ้าง แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับซึ่งสามารถดูรูปแบบของ Chromatogram และคำนวณได้จากพื้นที่ใต้พีค ดังนั้นจึงใช้เทคนิค GC/FID

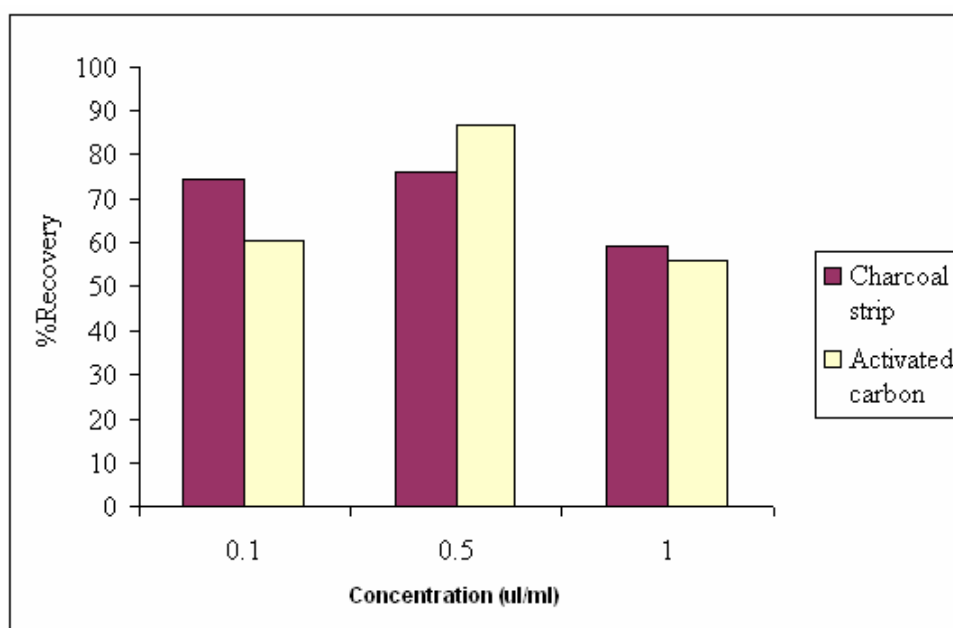
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatograph โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิด FID เพราะมีความเหมาะสมสำหรับการตรวจวัดสารประเภทไฮโดรคาร์บอน โดย Eric Stauffer และคณะ ได้แนะนำพีคที่ต้องพบในน้ำมันเบนซิน ซึ่ง Retention time ที่ได้ทำการเลือกมา คือ 3.074, 4.963, 5.204, 5.729 และ 7.035 นั้น เมื่อเราได้นำไปวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatograph /Mass Spectrometry แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานก็จะทำให้ทราบว่า เป็นสารชนิดใด โดย Retention time ที่ 3.074 คือ C1-Alkylbenzene (Toluene), Retention time ที่ 4.963 คือ C2-Alkylbenzene (Ethyl benzene), Retention time ที่ 5.204 คือ C2-Alkylbenzene (Xylene), Retention time ที่ 5.729 คือ C2-Alkylbenzene (Xylene) และ Retention time ที่ 7.035 คือ C3-Alkylbenzene (3-Ethyltoluene) ซึ่ง Retention time ทั้ง 5 ที่เลือกมานั้นไม่ปรากฏในน้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าด แต่จะพบ Toluene ในทินเนอร์เท่านั้น ดังนั้นพีคที่เลือกมาทั้ง 5 พีค จึงสามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นน้ำมันเบนซิน

การทดสอบหาปริมาณของ Activated carbon ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการทดลอง โดยทำการทดลองที่ Activated carbon ปริมาตร 0.1 g, 0.5 g และ 1.0 g จากผลการทดลองพบว่าพื้นที่ที่ได้ฟีกใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากที่ 0.5 g และ 1.0 g ต้องใช้ตัวทำละลายมากกว่า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เพียง 0.1 g ซึ่งก็ใกล้เคียงกับที่ ASTM E 1412-00 แนะนำคือที่ 0.2 g

เมื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับน้ำมันเบนซิน ระหว่าง Activated Carbon กับ Charcoal strip พบว่าตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด เมื่อนำพื้นที่ที่ได้ฟีกมาคำนวณหา % Recovery Activated carbon ได้เท่ากับ 67.76% และ Charcoal strip ได้เท่ากับ 69.74% ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของ %Recovery ที่ความเข้มข้นต่างๆ

Concentration (μ l/ml)	Charcoal strip		Activated Carbon	
	% Recovery	SD	% Recovery	SD
0.1	74.36	6.90	60.51	13.15
0.5	75.84	15.79	86.96	26.87
1.0	59.01	16.20	55.82	17.92



ภาพที่ 33_ แผนภูมิการเปรียบเทียบ %Recovery ระหว่างตัวดูดซับทั้งสอง

นำผลการวิเคราะห์น้ำมันเบนซินมาทำ Calibration curve ที่ทั้ง 5 Retention time คือ ที่ Retention time ที่ 3.074 ได้ R^2 เท่ากับ 0.9849 , Retention time ที่ 4.963 ได้ R^2 เท่ากับ 0.9870 , Retention time ที่ 5.204 ได้ R^2 เท่ากับ 0.9881 , Retention time ที่ 5.729 ได้ R^2 เท่ากับ 0.9874 และ Retention time ที่ 7.035 ได้ R^2 เท่ากับ 0.9355 และเมื่อนำกรณีศึกษา มาเทียบกับ Calibration curve เพื่อหาความเข้มข้นจะได้ 1.47 μl

จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณทางสถิติโดยเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสอง คือ Charcoal strip และ Activated carbon ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด

Retention time (min)	ผลการเปรียบเทียบ
3.074	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
4.963	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
5.204	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
5.729	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
7.035	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดลองสามารถนำ Activated carbon มาใช้เป็นตัวดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงแทนได้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่ง Charcoal strip ราคาประมาณ 350 บาท ต่อ 1 ชิ้น ส่วน Activated carbon ราคาประมาณ 5 บาท ต่อ 1 ชิ้น

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองกับ Activated carbon ชนิดเดียว ซึ่งยังไม่เพียงพอ เพราะในปัจจุบันนี้ได้นักวิจัยที่สามารถสังเคราะห์ Carbonnano particle แล้ว ซึ่งมีอนุภาคเล็กกว่า จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับที่มากกว่า Activated carbon ที่ซื้อได้ทั่วไป ดังนั้นเพื่อการทดลองที่สมบูรณ์ขึ้นก็ควรจะทำทดลองกับตัวดูดซับหลายๆ ชนิดเพื่อให้ได้สิ่งที่ดีที่สุด ต้นทุนต่ำและสามารถผลิตเองได้ในประเทศและยังเป็นการพัฒนาการตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทยให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- ทิพวรรณ นิ่งน้อย. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2549
- แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. Principle and technology of instrumental analysis, 2534
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=36
- ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์. [ออนไลน์] <http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/main.html>
- ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. [ออนไลน์] <http://203.151.120.20/searchName.asp?vID=499>
- ASTM (E 1412-00) Standard Practice for Separation and Concentration of Flammable Residues from Fire Debris Sample by Passive Headspace Concentration
- ASTM (E 1387-01) Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts Fire Dribs Sample by Gas Chromatography
- ASTM (E1618-01) Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts Fire Dribs Sample by Gas Chromatography/Mass Spectrometry
- D. Melinda, J.P Joelle, D. Olivier, Gasoline on hands : “Preliminary study on collection and persistence.”, Forensic Sci. Int., 2007
- Eric Stauffer, Julia A. Dolan and Reta Newman. Fire Debris Analysis. Elsevier Inc., 2008
- <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%AA%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%AE%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B9%8C>
- L. Frontela, J.A.Pozas, L. Pieabea. Forensic Sci Int. 75(1995) 11-23. A comparison of extraction and adsorption method for the recovery of accelerants from arson debris.
- LAB.TODAY. [Online]. Accessed 11 May 2009. Available from [http://images.google.co.th/imgres?imgurl=http://www.thaiscience.com/lab_vol/p34/gc/gc1.jpg&imgrefurl=http://www.thaiscience.com/lab_vol/p34/gc.asp&usq=__WtzvW1Mjqu66BNMgHOT_SkZXeg=&h=155&w=179&sz=8&hl=th&start=74&um=1&tbnid=6VYdDN3cWCpwrM:&tbnh=87&tbnw=101&prev=/images%3Fq%3DGas%2BChromatography%2B\(GC\)%26ndsp%3D18%26hl%3Dth%26sa%3DN%26start%3D72%26um%3D1](http://images.google.co.th/imgres?imgurl=http://www.thaiscience.com/lab_vol/p34/gc/gc1.jpg&imgrefurl=http://www.thaiscience.com/lab_vol/p34/gc.asp&usq=__WtzvW1Mjqu66BNMgHOT_SkZXeg=&h=155&w=179&sz=8&hl=th&start=74&um=1&tbnid=6VYdDN3cWCpwrM:&tbnh=87&tbnw=101&prev=/images%3Fq%3DGas%2BChromatography%2B(GC)%26ndsp%3D18%26hl%3Dth%26sa%3DN%26start%3D72%26um%3D1)

Petroleum World. [Online]. Accessed 11 May 2009. Available from <http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/2549/m6-6/no11-14-16-49/index.html>

SOFT/AAFS Forensic Laboratory Guidelines 2006 version. [Online]. Accessed 11 May 2009. Available from <http://www.soft-tox.org/docs/Guidelines%202006%20Final.pdf>.

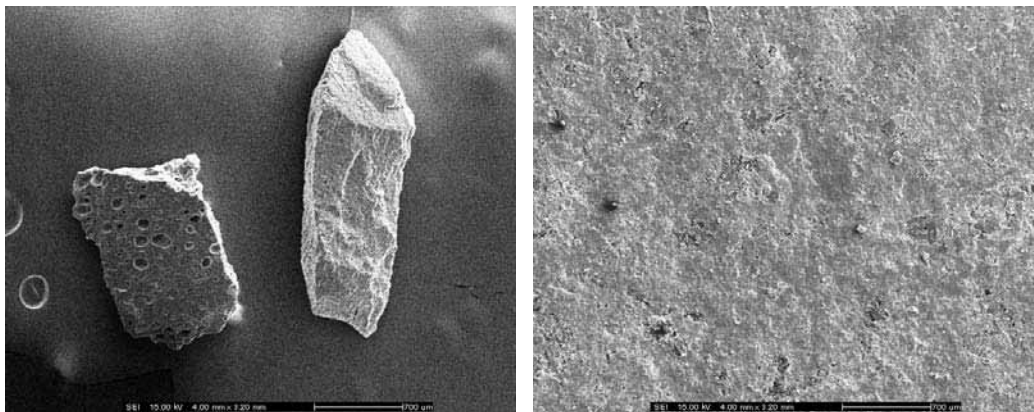
Suwanna Lapsuwatchananon. "Identification of flammable solvent residue on skin by GC/MS." M.Sc.(Forensic science),Mahidol University, 2006

The fitness for purpose of analytical methods; A laboratory guide to method validation and related topics, EURACHEM Guide, December, 1998

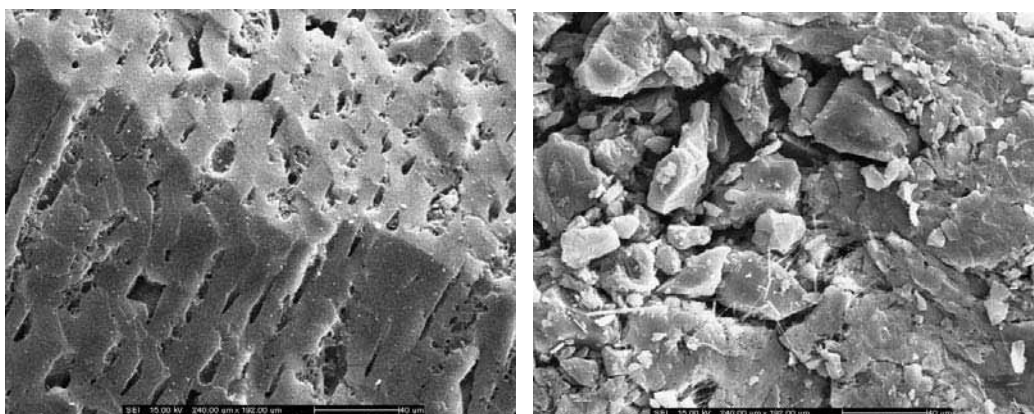
DURENE. [Online]. Accessed 11 May 2009. Available from www.chemicaland21.com/industrialchem/organic/DURENE.htm

ภาคผนวก

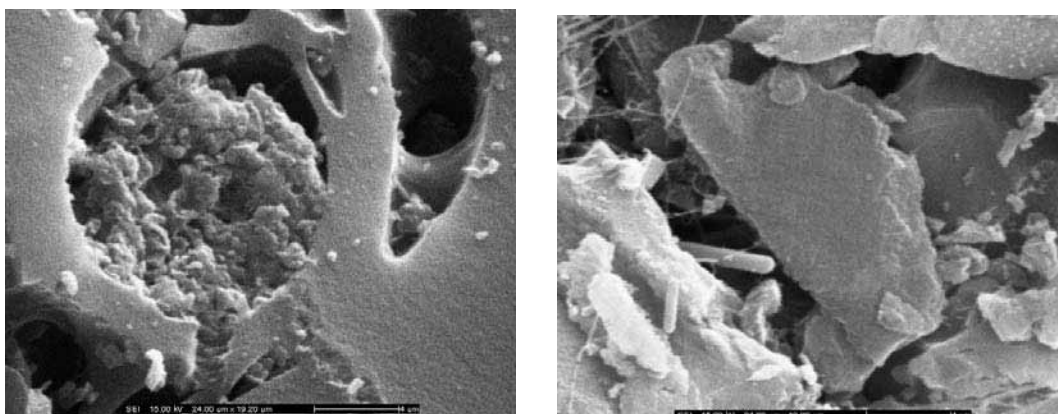
การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometry (SEM/EDS) เพื่อดูพื้นผิวและรูพรุน ของตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด



ภาพที่ 34 กำลังขยาย 30 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip



ภาพที่ 35 กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip



ภาพที่ 36 กำลังขยาย 5000 เท่า (ซ้าย) Activated carbon (ขวา) Charcoal strip

การวิเคราะห์หา particle size

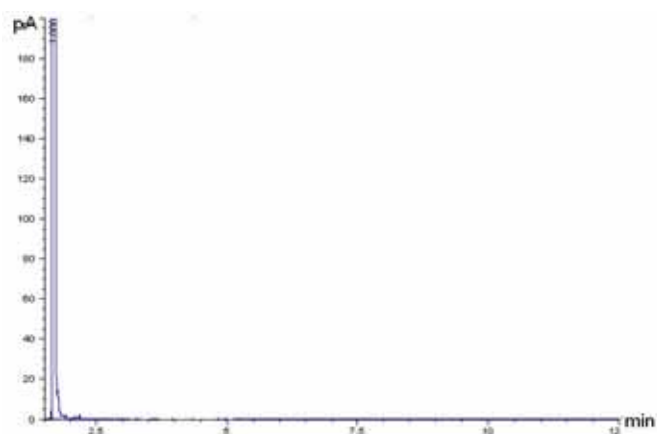
นำ Activated carbon ไปวิเคราะห์หา particle size ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์หา particle size

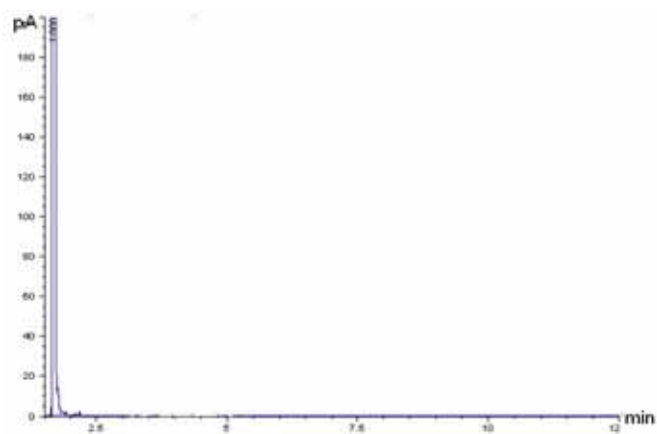
Mean	510.0 μm
Median	490.4 μm
Mode	471.1 μm
SD	166 μm
CV	32.5 %

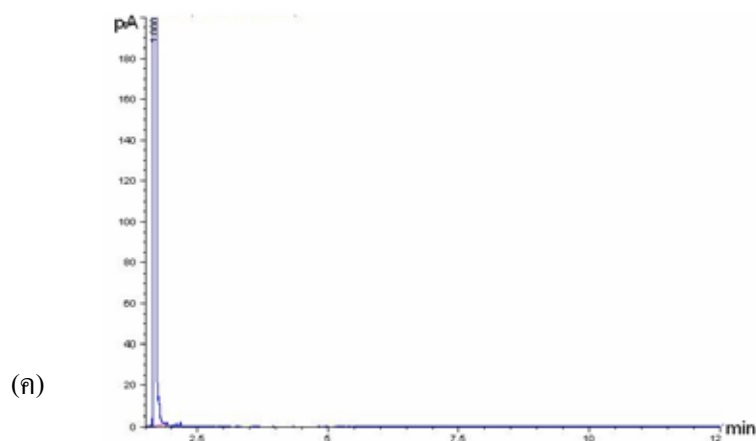
การทดสอบวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

(ก)



(ข)

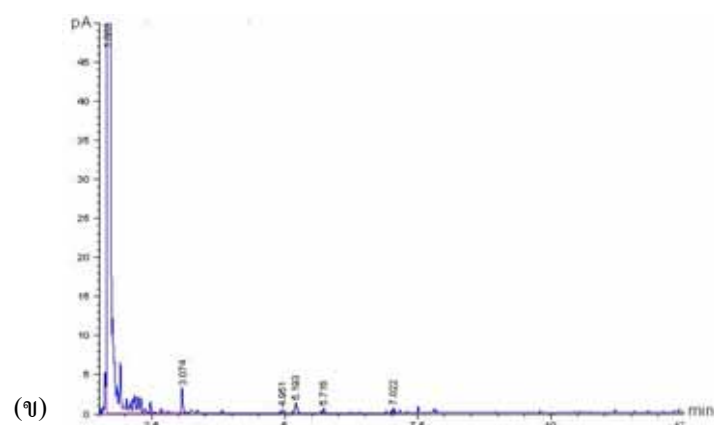
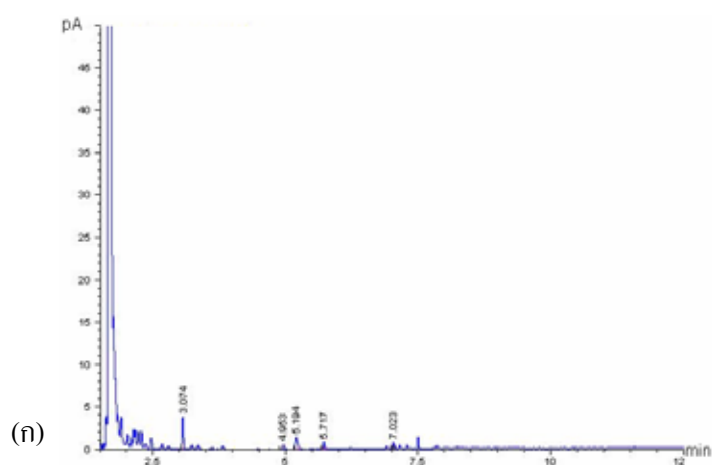


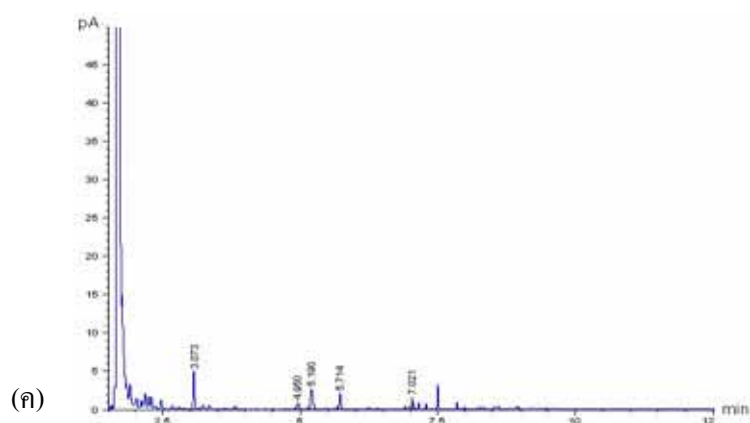


ภาพที่ 37 Chromatogram (ก) กระดาษ kimwipes (ข) ถุงชา (tea bag)

(ค) Charcoal strip

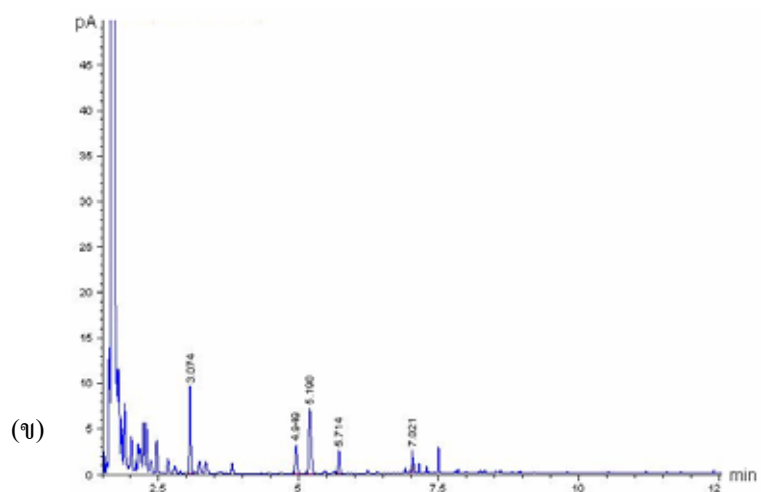
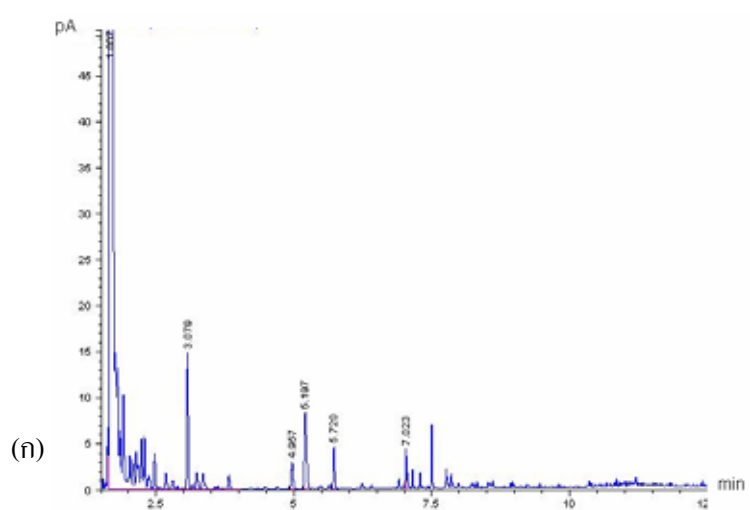
การทดสอบการประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยของน้ำมันเบนซิน

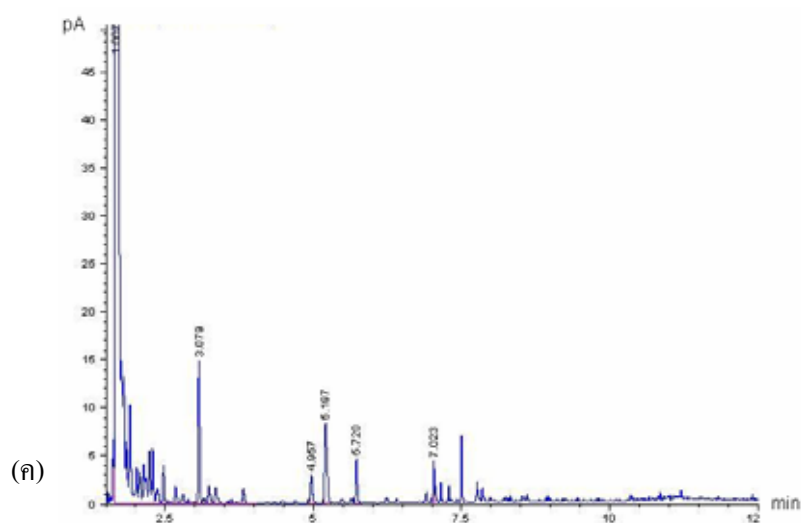




ภาพที่ 38 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 0.1 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip

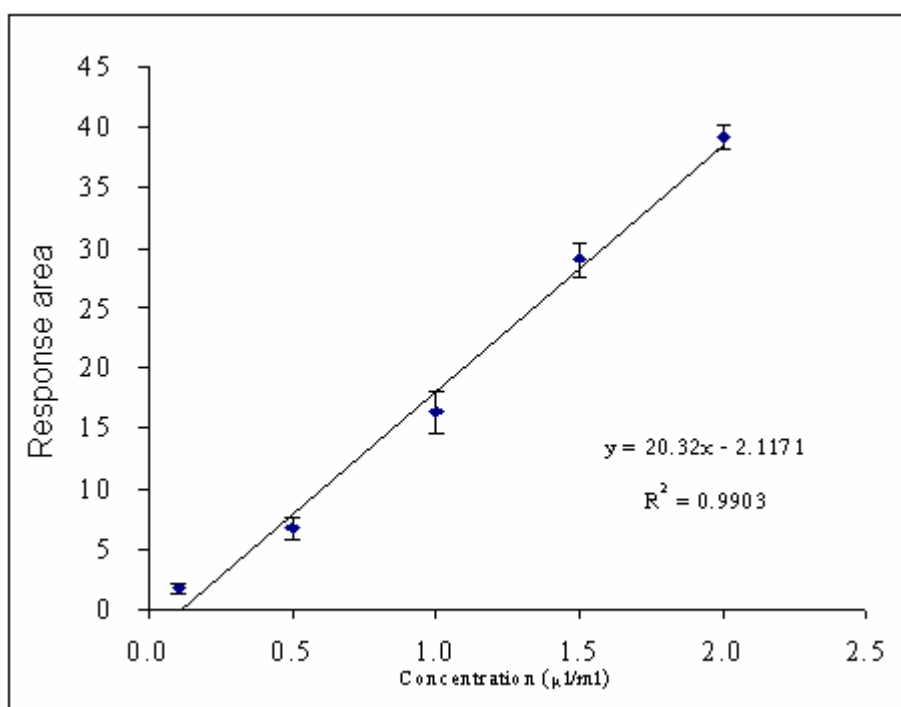
(ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน



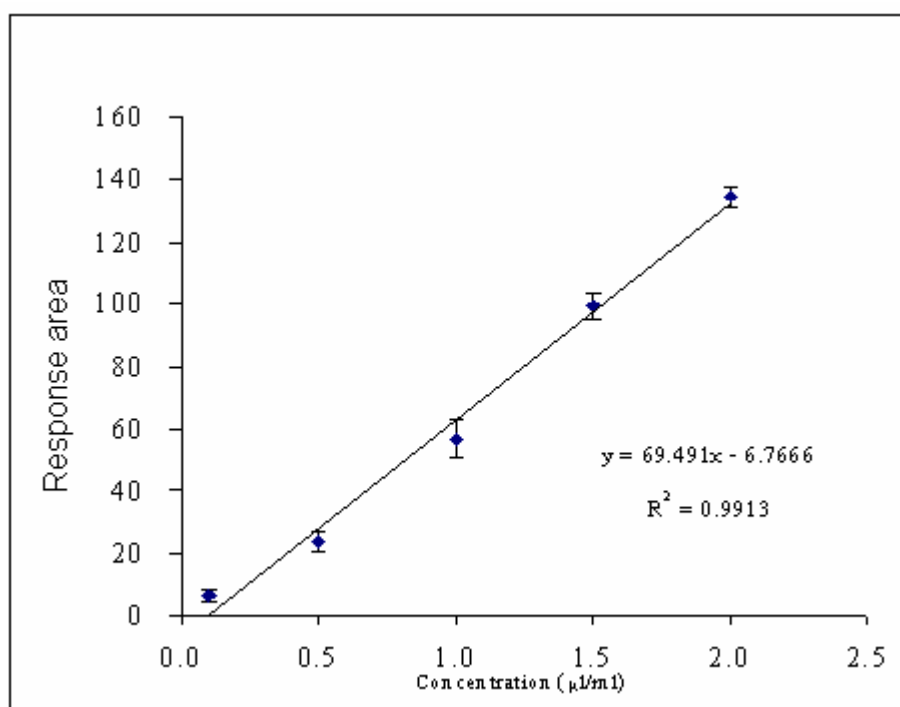


ภาพที่ 39 Chromatogram ที่ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{l/ml}$ (ก) Charcoal strip
(ข) Activated carbon (ค) น้ำมันเบนซิน

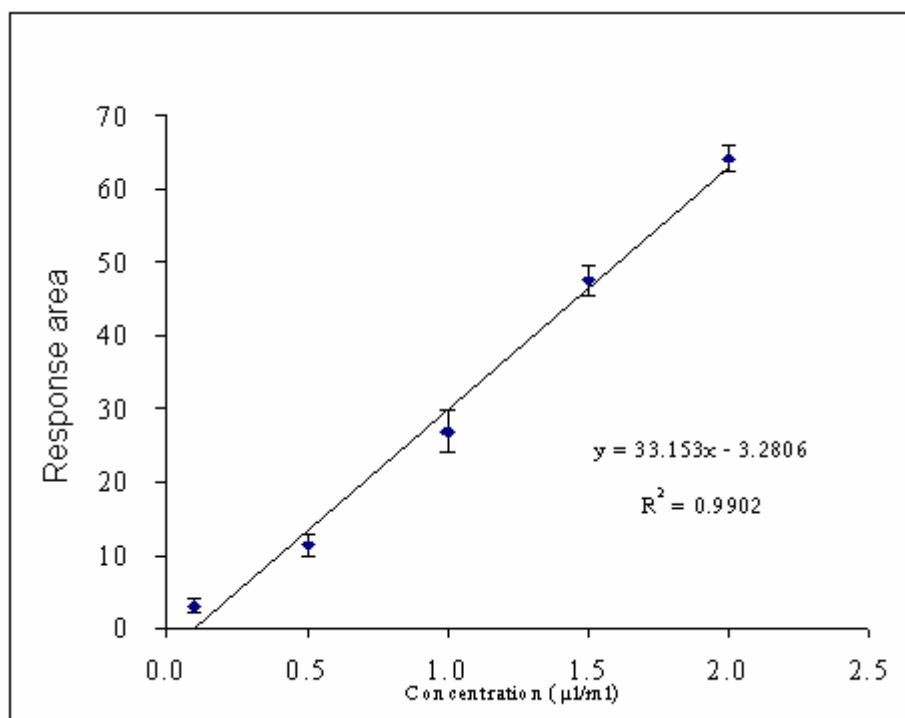
การทำ Calibration curve



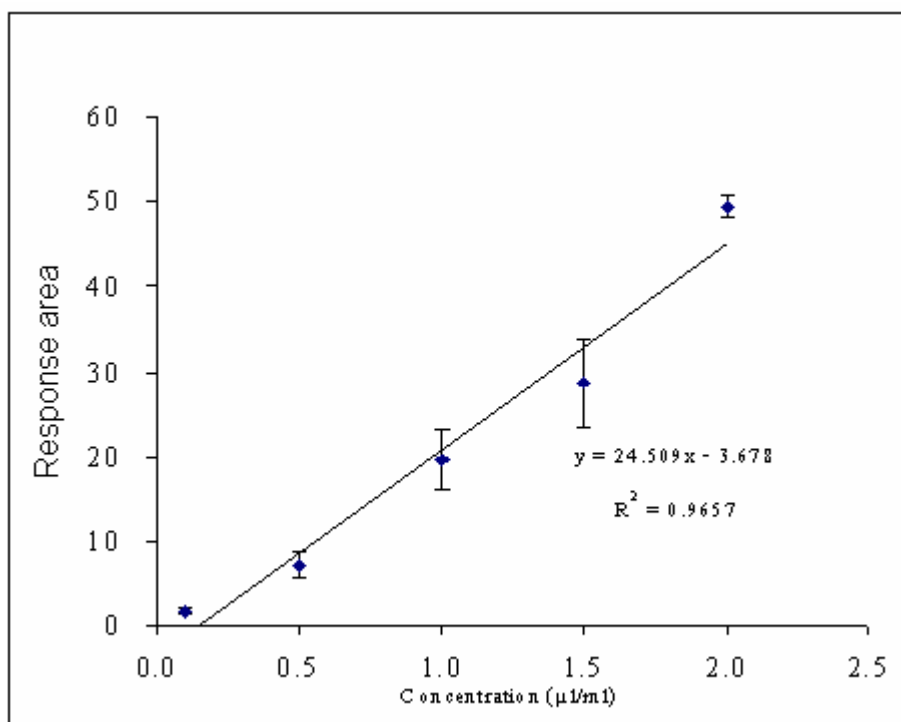
ภาพที่ 40 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 4.963



ภาพที่ 41 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 5.204



ภาพที่ 42 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 5.729



ภาพที่ 43 กราฟความสัมพันธ์ที่ Retention time เท่ากับ 7.035

การคำนวณทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสอง

นำผลการทดลองทั้งหมดมาคำนวณทางสถิติของ Retention time ทั้ง 5 เพื่อเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time เท่ากับ 4.963

	Standard Method	Test Method
Principle	Charcoal Strip	Activated carbon
Observation	9	9
Average of all data	13.2495	11.9862
sd of all data	2.5849	2.1416
Variance of all data	6.6817	4.5866
F-test	1.4568	
F-critical (95%CI)	4.4333	
t-test	0.4756	
v	16	
t-critical (95%CI)	2.1199	
Conclusion:	1. Variance ทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน	

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time เท่ากับ 5.204

	Standard Method	Test Method
Principle	Charcoal Strip	Activated carbon
Observation	9	9
Average of all data	43.4675	33.3684
sd of all data	8.2602	6.5313
Variance of all data	68.2314	42.6584
F-test	1.5995	
F-critical (95%CI)	4.4333	
t-test	0.3864	
v	16	
t-critical (95%CI)	2.1199	
Conclusion:	1. Variance ทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน	

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time เท่ากับ 5.729

	Standard Method	Test Method
Principle	Charcoal Strip	Activated carbon
Observation	9	9
Average of all data	16.8276	10.6537
sd of all data	2.7824	2.4049
Variance of all data	7.7416	5.7834
F-test	1.3386	
F-critical (95%CI)	4.4333	
t-test	1.9367	
v	16	
t-critical (95%CI)	2.1199	
Conclusion:	1. Variance ทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน	

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบตัวดูดซับทั้งสองชนิด ในทางสถิติ ที่ Retention time เท่ากับ 7.035

	Standard Method	Test Method
Principle	Charcoal Strip	Activated carbon
Observation	9	9
Average of all data	14.9196	13.8702
sd of all data	2.6071	2.7024
Variance of all data	6.7968	7.3032
F-test	1.0745	
F-critical (95%CI)	4.4333	
t-test	0.3158	
v	16	
t-critical (95%CI)	2.1199	
Conclusion:	1. Variance ทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน	

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวจันทนา ะระรินรัมย์
รหัส	49312303
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์
วัน เดือน ปีเกิด	11 พฤษภาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	
ปี พ.ศ. 2539	ประกาศนียบัตรชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผ่องสุวรรณวิทยา อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี
ปี พ.ศ. 2542	ประกาศนียบัตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธัญบุรี อำเภोधัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ปี พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนธัญบุรี อำเภोधัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
ปี พ.ศ. 2548	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
สถานที่ติดต่อ	4/4 หมู่ที่ 4 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
ที่ทำงานปัจจุบัน	กลุ่มพิษวิทยาและเคมี สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร